Duke University Libraries
D02057108N

НАРОДНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДІЯ

DUKE
UNIVERSITY

LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2020 with funding from
Duke University Libraries

https://archive.org/details/narodnaiaentsikl121unse

ХАРЬКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАСПРОСТРАНЕНІЯ ВЪ НАРОДѢ ГРАМОТНОСТИ.

НАРОДНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДІЯ

НАУЧНЫХЪ И ПРИКЛАДНЫХЪ ЗНАНІЙ.

Томъ I.

НАУКИ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКІЯ.

2-й полутомъ.

ФИЗИКА и ХИМІЯ.

Типографія Т-ва И. Д. Сытина, Пятницкая ул., свой домъ.
МОСКВА.—1912.

ЭНЦИКЛОПЕДІЯ

(КРУГЪ ЗНАНІЙ).

Томъ I.

2-й полутомъ.

ФИЗИКА и ХИМІЯ.

ПРЕДМЕТЫ:

ФИЗИКА.
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМІЯ.
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМІЯ.
БІОХИМІЯ.

Въ составленіи статей принимали участіе: проф. Б. П. ВЕЙНБЕРГЪ, П. Л. ВЕЙМАНЪ, В. С. ГОХМАНЪ, П. Т. ДѢДУСЕНКО, Ф. Ф. ЕПИФАНОВЪ, проф. В. В. ЗАВЬЯЛОВЪ, проф. Г. В. КОРШУНЪ, пр.-доц. М. П. КРАСОВСКІЙ, Б. В. МАНГУБИ, проф. И. П. ОСИПОВЪ, преп. техн. инст. В. П. ПАШКОВЪ, В. Г. ПОЛНИЦКІЙ, П. Е. ПОПОВЪ, К. В. РОЛЛЪ, М. И. САХАРОВЪ, А. В. ТЕРЕЩЕНКО, пр.-доц. Г. Е. ТИМОѲЕЕВЪ, И. А. ТРЕФИЛЬЕВЪ, М. К. ФИНОГѢЕВЪ и пр.-доц. Е. С. ХОТИНСКІЙ.

037
N 232
ch. 2

Предлагаемый сборникъ статей по двумъ отдѣламъ химіи (неорганической и органической) представляетъ результатъ коллективнаго труда довольно большой группы лицъ. Съ чувствомъ величайшаго нравственнаго удовлетворенія я долженъ отмѣтить, что всѣ мои молодые сотрудники съ первыхъ же моментовъ нашей совмѣстной работы дали свое полное согласіе: 1) на примѣненіе конкурснаго начала и 2) на пробное чтеніе въ подходящей аудиторіи. Такимъ образомъ нѣкоторыя статьи писались двумя лицами, прочитывались и критиковались въ присутствіи всѣхъ участниковъ. Почти всѣ статьи послѣ соотвѣтственныхъ исправленій, иногда довольно крупныхъ, сдавались для чтенія въ народную (провѣрочную) аудиторію. Послѣ такого пробнаго чтенія статьи вмѣстѣ съ тѣми замѣчаніями, которыя были сдѣланы слушателями, снова просматривались въ собраніи участниковъ и затѣмъ передавались автору для исправленія. Только послѣ этого статьи подвергались редакціонной обработкѣ, которую въ высокой степени мнѣ облегчилъ уважаемый товарищъ В. П. Пашковъ, за что приношу ему глубокую признательность.

Недостатокъ объема, отведеннаго для изложенія, существенно затруднялъ нашу работу.

Въ составленіи статей принимали участіе: лаборантъ Вейманъ, П. Л., лаб. Дѣдусенко, П. Т., лаб. Епифановъ, Ф. Ф., проф. Коршунъ, Г. В., пр.-доц. Красовскій, Н. П., лаб. Мангуби, Б. В., проф. Осиповъ, П. П., препод. техн. инст. Пашковъ, В. П., лаб. Полницкій, В. Г., лаб. Поповъ, П. Е., лаб. Роллъ, К. В., лаб. Терещенко, А. В., пр.-доц. Тимофеевъ, Г. Е., лаб. Трефильевъ, И. А., лаб. Финогѣевъ, М. К., и пр.-доц. Хотинскій, Е. С.

Что касается физики, то въ составленіи статей участвовали: проф. Вейнбергъ, Б. П., и лаборанты Сахаровъ, М. И., и Гросманъ, В. С.

Членъ Редакціонной Комиссіи, редакторъ,
проф. *Н. Осиповъ.*

12 іюня 1911 г.

ФИЗИКА.

1. Что изучаетъ физика?

Слово «физика» значитъ «наука о природѣ», и въ прежнія времена физикою называли науку о всемъ томъ, что происходитъ и есть въ природѣ. Теперь люди знаютъ объ этомъ такъ много, что всѣ эти свѣдѣнія разбились на рядъ отдѣльныхъ наукъ, и физика является только одною изъ наукъ о природѣ. Чтобы понять, что изучаетъ современная физика, разберемъ, какъ получаемъ мы всѣ наши свѣдѣнія о внѣшнемъ мірѣ.

Сравнительно съ новорожденнымъ ребенкомъ даже самый неразвитой и необразованный человѣкъ обладаетъ громаднымъ запасомъ самыхъ разнообразныхъ свѣдѣній. Почти всякій, напр., знаетъ, что такое сахаръ, мѣлъ, каменная соль. Но врядъ ли многіе задумывались надъ тѣмъ, откуда и какимъ путемъ получили они эти свѣдѣнія и какъ могли бы ихъ передать другимъ, кто этихъ свѣдѣній не имѣетъ.

Если бы человѣкъ, который знаетъ, что такое каменная соль, захотѣлъ объяснить это человѣку, не знающему этого, то онъ сказалъ бы, что каменная соль есть прозрачное гладкое вещество, твердое, холодноватое наощупь, безъ запаха, соленое на вкусъ.

Слово «прозрачное» было бы совершенно не понятно слѣпорожденному, потому что такой человѣкъ не знаетъ, что такое свѣтъ, не понимаетъ, какъ свѣтъ можетъ проходить черезъ одни тѣла и не проходить черезъ другія,— и никакія слова, никакая музыка, ничто не въ состояніи выяснить слѣпорожденному, что значитъ, что каменная соль «прозрачна». Это можетъ понять только человѣкъ зрячій или, по крайней мѣрѣ,—тотъ, кто былъ когда-нибудь зрячимъ. Значитъ, понятіе о прозрачности каменной соли пріобрѣтается человѣкомъ исключительно благодаря наличности чувства зрѣнія. Но если бы зрячему дали кусокъ каменной соли *въ темноту*, то онъ не узналъ бы, что она прозрачна: для этого надо, чтобы въ его *глазъ* попалъ *свѣтъ*, прошедшій сквозь эту соль.

Такимъ образомъ приходимъ къ заключенію, что о прозрачности каменной соли мы узнаемъ благодаря *глазамъ*, благодаря чувству *зрѣнія* и благодаря *свѣту*.

Что соль—гладкая и что соль есть нѣкоторая вещь, нѣкоторое вещество, мы узнаемъ благодаря другому чувству—чувству осязанія. Человѣкъ, лишенный этого чувства, напр., разбитый параличомъ, не въ состояніи отличить куска соли отъ изображенія его въ зеркалѣ: онъ будетъ одинаково видѣть и самую соль и ея изображеніе, а убѣдиться осязаніемъ навѣрняка, который изъ этихъ двухъ предметовъ дѣйствительно существуетъ, онъ будетъ не въ состояніи.

Осязаемъ мы предметы, прикасаясь къ нимъ поверхностью нашей кожи, главнымъ образомъ, кожею концовъ нашихъ пальцевъ. Но при этомъ мы получаемъ еще рядъ другихъ ощущеній, узнаемъ еще многое о томъ предметѣ, къ которому прикасаемся. Если взять два одинаковыхъ куска каменной соли и одинъ изъ нихъ подержать нѣкоторое время надъ горячею плитою, то видъ у нихъ обоихъ останется одинаковый, оба останутся одинаково гладкими, но мы и съ закрытыми глазами, прикоснувшись къ нимъ, скажемъ, въ чемъ между ними разница: одинъ будетъ теплымъ, другой — холодноватымъ.

Такимъ же способомъ мы отличимъ кусокъ каменной соли отъ одинаково гладкаго, отъ одинаково холодноватаго куска студня: соль—твердая, студень—мягкій; соль, когда мы нажимаемъ на нее пальцами, давитъ на наши пальцы съ большою силою, а студень давитъ при этомъ съ очень малою силою.

Прикасаясь къ какому-нибудь предмету, мы почти всегда ощущаемъ и его вещественность, и его теплоту, и его силу одновременно, и потому обыкновенно называемъ однимъ общимъ именемъ «осязанія» три совершенно различныхъ чувства: чувство собственно о с я з а н і я, чувство т е п л а и чувство у с и л і я. Ощущенія осязательныя вызываются въ нашей кожѣ дѣйствіемъ в е щ е с т в а предмета, ощущенія тепловыя—дѣйствіемъ т е п л а, ощущенія усилія—дѣйствіемъ с и л ы. Никакая сила не можетъ вызвать ощущенія вещественности тѣла, никакое тепло не можетъ вызвать ощущенія силы,—вещество, теплота и сила существенно различаются другъ отъ друга.

Что соль—соленая, мы знаемъ потому, что можемъ лизнуть ее и заставить подѣйствовать на наше чувство в к у с а. Такимъ путемъ мы узнаемъ не теплоту, не свѣтъ, не силу соли, а ея в к у с ъ.

Точно такъ же носомъ, благодаря чувству о б о н я н і я, мы узнаемъ, имѣетъ ли соль з а п а х ъ или нѣтъ.

Наконецъ есть еще одно, седьмое чувство, которымъ мы узнаемъ признаки разныхъ предметовъ, — это чувство слуха. По звуку серебрянаго рубля мы часто можемъ узнать, настоящій онъ или поддѣльный.

Вернемся къ каменной соли, переберемте съ вами въ умѣ всѣ тѣ свѣдѣнія, которыя вы о ней еще имѣете, и вы убѣдитесь, что всѣ эти свѣдѣнія вы получили посредствомъ вашихъ семи внѣшнихъ чувствъ. Такъ, напримѣръ, если вы знаете, какимъ способомъ добывается каменная соль, гдѣ находятся залежи ея, то вы узнали это, вѣроятно, либо посредствомъ слуха—слышали объ этомъ отъ кого-нибудь, либо посредствомъ зрѣнія—видѣли въ какой-нибудь книгѣ.

Такимъ образомъ всѣ наши свѣдѣнія о внѣшнемъ мірѣ мы получаемъ посредствомъ нашихъ семи внѣшнихъ чувствъ—чувства осязанія, чувства усилія, чувства тепла, чувства зрѣнія, чувства слуха, чувства вкуса и чувства обонянія, но получаемъ эти свѣдѣнія только тогда, когда на эти чувства дѣйствуютъ нѣкоторыя внѣшнія причины. Тѣ внѣшнія причины, которыя дѣйствуютъ на каждое изъ нашихъ семи внѣшнихъ чувствъ, а именно: *вещество, сила, теплота, свѣтъ, звукъ, вкусъ и запахъ*, называются **физическими дѣятелями.**

Наши внѣшнія чувства даютъ намъ понятіе еще кое о чемъ, кромѣ физическихъ дѣятелей. Если мы возьмемъ въ руку гирю, то, чтобы противодѣйствовать силѣ тяжести, мы должны подтянуть руку,—должны, какъ говорятъ, сократить мускулы руки,—и при этомъ получаемъ ощущеніе усилія. Но мы можемъ подтянуть руку и сократить ея мускулы и безъ дѣйствія всякой внѣшней силы, получая ощущеніе усилія только внутри мускуловъ руки. Въ темнотѣ, напримѣръ, мы, чтобы не наткнуться на что-нибудь, вытягиваемъ впередъ руку и, не ощущая, что на насъ дѣйствуетъ какая-нибудь сила извнѣ, все-таки ощущаемъ по внутреннему усилію, что мы перемѣстили руку въ томъ или другомъ направленіи на нѣкоторое пространство. Всѣ наши представленія о *пространствѣ* мы получаемъ, перемѣщая различныя части тѣла посредствомъ мускуловъ, которыми снабжены эти части тѣла.

Если на одно изъ нашихъ внѣшнихъ чувствъ непрерывно дѣйствуетъ нѣкоторое время соотвѣтствующій физическій дѣятель, то наше чувство утомляется; ощущенія либо притупляются (надѣвъ кольцо на палецъ, мы вскорѣ перестаемъ чувствовать прикосновеніе къ нему; постоянное тиканье стѣнныхъ часовъ намъ слышно только, если мы обратимъ на него вниманіе), либо обостряются до боли (напримѣръ, зрительныя ощуще-

нія при долговременномъ чтеніи, ощущенія усилія при долгой работѣ). Такимъ образомъ по утомленію нашихъ чувствъ мы судимъ о *времени* дѣйствія физическаго дѣятеля.

Наши внѣшнія чувства даютъ намъ, слѣдовательно, понятіе о семи физическихъ дѣятеляхъ, о пространствѣ и о времени.

Физическіе дѣятели дѣйствуютъ зачастую вмѣстѣ. Напримѣръ, всякій вещественный предметъ, который мы можемъ осязать, дѣйствуетъ на насъ съ нѣкоторою силою, если мы положимъ его на руку (*вѣсъ* предмета).

Почти всегда тѣла, испускающія свѣтъ, настолько теплы, что нельзя прикоснуться къ нимъ изъ опасенія ожога.

Одинъ физическій дѣятель можетъ такъ или иначе вліять на другой. Напримѣръ, вещество можетъ вліять на свѣтъ: свѣтъ чрезъ каменную соль проходитъ почти безъ измѣненія; измѣняется, если ему приходится пройти сквозь красное стекло; мѣняетъ свое направленіе, попавъ на зеркало; совсѣмъ не проходитъ, когда ему на пути станетъ деревянная доска.

Мы видимъ изъ примѣровъ, которыхъ каждый изъ васъ можетъ подобрать еще много, что физическіе дѣятели такъ или иначе относятся другъ къ другу. Имѣютъ также физическіе дѣятели то или другое отношеніе къ пространству и ко времени. Сила тяжести дѣйствуетъ, напримѣръ, только внизъ, а свѣтъ распространяется во всѣ стороны. Вещество, какъ это подробно выяснено будетъ въ отдѣлѣ «химія», никогда не исчезаетъ, а звукъ существуетъ только въ то время, когда его что-нибудь производитъ.

Но физикѣ удалось открыть и такіе физическіе дѣятели, которые ни на одно изъ нашихъ чувствъ не дѣйствуютъ и по отношенію къ которымъ мы такъ же нечувствительны, какъ слѣпой нечувствителенъ къ свѣту, глухой—къ звуку, парализованный—къ веществу, силѣ и теплотѣ.

Возьмите двѣ одинаковыхъ палочки сургуча и одну изъ нихъ потрите о сукно. Вы можете изучать эти палочки всѣми вашими чувствами, и никакой разницы между ними не обнаружите, подобно тому, какъ слѣпой не замѣтитъ никакой разницы между красною и синею бумажкою. Однако достаточно поднести эти двѣ сургучныхъ палочки—натертую и ненатертую—къ нѣсколькимъ кусочкамъ папиросной бумаги, и вы сейчасъ же увидите, что въ случаѣ натертой палочки проявляется дѣйствіе какого-то новаго особаго физическаго дѣятеля—проявляется тѣмъ, что палочка обнаруживаетъ силу притяженія кусочковъ бумаги. Этому дѣятелю дано названіе *электричества*, и мы теперь знаемъ, что ему обязаны своимъ происхожденіемъ такія непонятныя и

страшныя для первобытнаго человѣка явленія природы, какъ грозы.

Возьмите два одинаковыхъ ножа, или напильника, или кочерги, вообще два одинаковыхъ желѣзныхъ предмета, и положите одинъ изъ нихъ длиною съ сѣвера на югъ, а другой—съ востока на западъ. Если черезъ нѣсколько часовъ вы попробуете изслѣдовать ихъ всѣми вашими чувствами, то, сколько ни прикасайтесь къ нимъ, сколько ни разсматривайте, сколько ни прислушивайтесь, сколько ни пробуйте ихъ на вкусъ, сколько ни нюхайте, вы не обнаружите никакихъ измѣненій въ нихъ оттого, что они полежали въ разныхъ направленіяхъ. Но достаточно поднести ихъ концами къ желѣзнымъ опилкамъ или мелкимъ гвоздикамъ, и вы замѣтите, что предметъ, лежавшій длиною съ сѣвера на югъ, притянетъ концомъ своимъ немного опилокъ, а предметъ, лежавшій накрестъ (*перпендикулярно*) къ нему, съ востока на западъ, не притянетъ. Тотъ физическій дѣятель, который вызываетъ это притяженіе и который непосредственно ни на одно наше внѣшнее чувство не дѣйствуетъ, носитъ названіе *магнетизма*, а кусокъ желѣза или стали, обнаруживающій въ себѣ этотъ дѣятель, называютъ *магнитомъ*. При посредствѣ магнитовъ изучаемъ мы магнетизмъ земного шара и можемъ слѣдить за такими явленіями, какъ, напримѣръ, такъ называемыя магнитныя бури, о которыхъ непосредственно внѣшнія чувства рѣшительно ничего намъ не сообщаютъ.

Возьмите стаканъ съ растворомъ сѣрной кислоты и опустите туда на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга цинковую пластинку и мѣдную, отъ которой идетъ мѣдная проволока. Если другимъ концомъ этой проволоки прикасаться къ цинковой пластинкѣ, то опять-таки ни одно изъ чувствъ не обнаружитъ намъ измѣненій въ этой проволокѣ тогда, когда ея конецъ не дотрогивается до цинковой пластинки, и тогда, когда онъ дотрогивается. Между тѣмъ, если близко будетъ магнитъ, который могъ бы свободно вращаться въ горизонтальной плоскости, такъ называемая «магнитная стрѣлка», то по тому, что она мѣняетъ свое направленіе, когда мы прикасаемся проволокою къ цинковой пластинкѣ, мы можемъ заключить, что при этомъ въ проволокѣ проявляется дѣйствіе особаго физическаго дѣятеля, не дѣйствующаго ни на одно изъ нашихъ чувствъ, но обнаруживаемаго магнитною стрѣлкою. Этому дѣятелю дано названіе *электрическаго тока*, и мы теперь обнаруживаемъ существованіе электрическихъ токовъ въ земной корѣ—такъ называемыхъ земныхъ электрическихъ токовъ—и приписываемъ также электрическимъ токамъ происхожденіе «сѣверныхъ и южныхъ сіяній»—одного

изъ самыхъ красивыхъ и величественныхъ явленій полярной природы.

Наука, которая изучаетъ физическіе дѣятели и ихъ отношенія между собою, къ пространству и ко времени, и называется **физикою.**

Физика расширила свѣдѣнія человѣчества о природѣ и оказала огромное вліяніе на развитіе техники и улучшеніе матеріальныхъ условій человѣческой жизни.

Теплота.

2. Измѣненіе объема тѣлъ при нагрѣваніи.

Прикасаясь къ различнымъ тѣламъ, мы можемъ получать отъ нихъ различныя *тепловыя* ощущенія: одно тѣло кажется горячимъ, другое—теплымъ, третье—холоднымъ. Точно такъ же, прикасаясь въ различные моменты къ одному и тому же тѣлу, мы можемъ получить отъ него различныя тепловыя ощущенія, и говоримъ тогда, что тѣло при этомъ *различно нагрѣто*, или что оно имѣетъ различную *степень нагрѣтости*, различную *температуру*.

Однако можно судить о степени нагрѣтости тѣлъ не только по нашимъ собственнымъ тепловымъ ощущеніямъ, но и по тѣмъ измѣненіямъ, которыя происходятъ съ тѣлами, когда измѣняется ихъ степень нагрѣтости, ихъ температура. Изъ этихъ измѣненій самыя существенныя и важныя—измѣненіе при нагрѣваніи или охлажденіи размѣровъ тѣла и измѣненіе тѣхъ силъ, которыя приходится прилагать къ тѣламъ для измѣненія ихъ формы или объема.

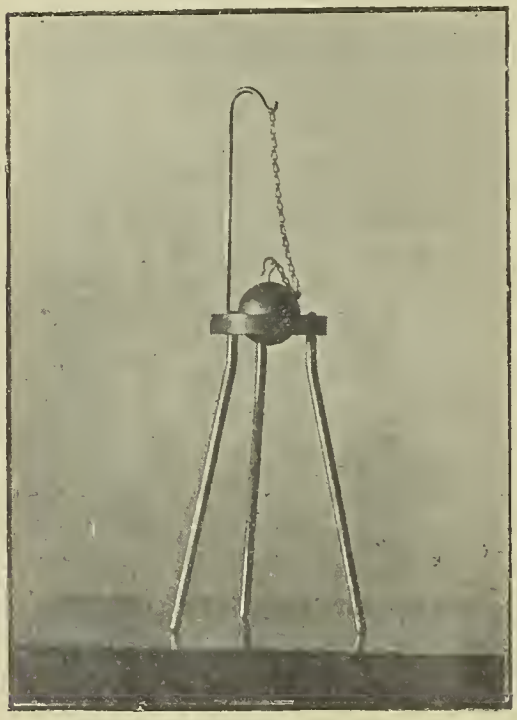


Рис. 1.

Разсмотримъ теперь отдѣльно, что дѣлается съ объемомъ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ при ихъ нагрѣваніи.

Пусть у насъ имѣется металлическій (напримѣръ, желѣзный) шарикъ и металлическое кольцо, чрезъ которое онъ только-только проходитъ (рис. 1). Нагрѣемъ шарикъ,

подержавъ его надъ лампой или въ пламени спиртовой горѣлки, и попробуемъ пропустить его сквозь кольцо. Мы увидимъ, что шарикъ проходить не будетъ. Очевидно, что объемъ шарика сталъ больше, что шарикъ отъ нагрѣванія расширился. Если бы подобные опыты мы произвели надъ другими твердыми тѣлами, то убѣдились бы, что всѣ они при нагрѣваніи измѣняются въ своемъ объемѣ,—одни больше, другія меньше. Большая часть тѣлъ при нагрѣваніи расширяется, и только немногія (напримѣръ, растянутый каучукъ) сжимаются.

Для того, чтобы испытать дѣйствіе нагрѣванія на жидкія тѣла, прибѣгнемъ къ такому простому прибору. Возьмемъ стеклянный сосудъ, съ припаянной узкой трубкой (рис. 2), нальемъ

Рис. 2.

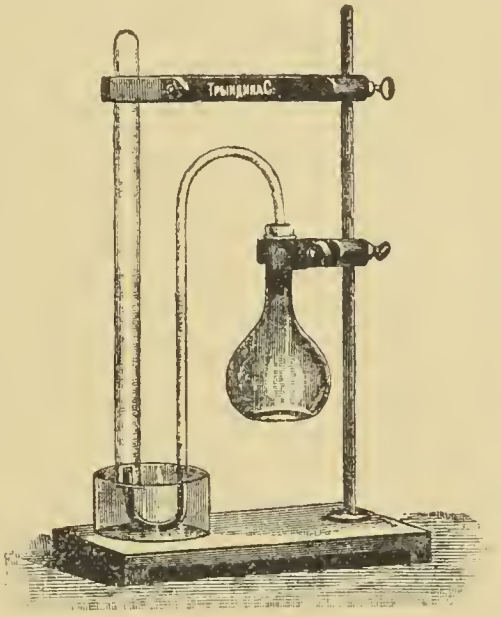


Рис. 3.

въ него какой-нибудь жидкости—воды, керосина—и опустимъ его въ горячую воду. Мы увидимъ, что сначала уровень жидкости въ трубкѣ нѣсколько понизится, а затѣмъ будетъ подниматься. Это значитъ, что сначала нагрѣлся и расширился сосудъ, а затѣмъ нагрѣлась и измѣнилась въ своемъ объемѣ и жидкость, а именно—расширилась и притомъ гораздо больше, чѣмъ измѣнился объемъ сосуда.

Дѣйствіе нагрѣванія на газообразныя тѣла можно изслѣдовать при помощи прибора, изображеннаго на рис. 3. Въ горлышко сосуда вставлена пробка и чрезъ нее пропущена узкая длинная трубка, изогнутая и подведенная подъ наполненную водой болѣе широкую трубку, погруженную открытымъ концомъ въ чашку съ водой. Подогрѣвая сосудъ горѣлкой или свѣчой, мы

замѣтимъ, что уровень воды въ широкой трубкѣ станетъ опускаться, и черезъ нѣкоторое время воздухъ начнетъ выдѣляться наружу пузырьками.

Если мы прекратимъ нагрѣваніе и дадимъ воздуху въ сосудѣ охладиться, онъ станетъ сжиматься, и вода изъ чашки станетъ подниматься по трубкѣ и вливаться въ сосудъ.

Если бы мы вмѣсто воздуха взяли какой-нибудь другой газъ, напримѣръ, водородъ, кислородъ, углекислоту, то убѣдились бы, что всѣ они при нагрѣваніи расширяются и притомъ всѣ въ *одинаковой степени*.

Интересно прослѣдить вліяніе нагрѣванія на воду, такъ какъ вода проявляетъ большія особенности.

Если взять воду въ твердомъ состояніи, т.-е. ледъ, и подвергнуть нагрѣванію, то оказывается, что при плавленіи она *сжимается*. При дальнѣйшемъ нагрѣваніи вода сжимается, пока не достигнетъ опредѣленной температуры (4° Цельсія). Съ этого момента вода начинаетъ расширяться, какъ большинство тѣлъ природы. Подобная же смѣна сжатія расширеніемъ получается, конечно, если поступить обратно, т.-е. если охлаждать теплую воду: сначала вода сжимается и продолжаетъ уменьшаться въ объемѣ, пока температура достигнетъ 4° Цельсія. Послѣ этого она начинаетъ расширяться. Обращаясь въ ледъ, она сильно увеличивается въ объемѣ. Такимъ образомъ вода занимаетъ наименьшій объемъ при 4° Цельсія, т.-е. при этой температурѣ она наиболѣе плотна. Поэтому-то за единицу плотности принимаютъ плотность 1 кубическаго сантиметра воды при 4° Цельсія.

Эти особенности воды играютъ большую роль въ природѣ—при замерзаніи морей, озеръ и рѣкъ. Отъ соприкосновенія съ окружающимъ холоднымъ воздухомъ вода охлаждается и, становясь при этомъ болѣе тяжелою, опускается книзу. Когда же вода охладится до температуры наибольшей плотности, то при дальнѣйшемъ охлажденіи болѣе холодная вода, будучи болѣе легкою, не опускается на дно, и дальнѣйшее охлажденіе значительно замедляется. А когда вода замерзаетъ, то образующійся ледъ остается наверху, такъ какъ онъ легче воды. Такимъ образомъ рѣки и озера покрываются сверху слоемъ льда, защищающимъ живущихъ подъ нимъ представителей животнаго и растительнаго царства отъ замерзанія. Если бы вода не обладала этими особенностями въ измѣненіи объема при охлажденіи, то рѣки и озера промерзали бы насквозь, что привело бы къ гибели всѣхъ растеній и животныхъ, живущихъ въ водѣ.

Если тѣлу, стремящемуся при нагрѣваніи или охлажденіи расшириться или сжаться, помѣшать измѣнить свои размѣры,

то оно оказываетъ на препятствіе силы, которыя могутъ достигать очень большой величины. Такъ, напримѣръ, при обтягиваніи деревянныхъ колесъ желѣзными шинами эти послѣднія нагрѣваютъ и надѣваютъ горячими на колеса. Послѣ охлажденія шины очень плотно стягиваютъ колеса.

Въ громадности силъ, вызываемыхъ измѣненіями объема при переходѣ изъ одного состоянія въ другое, можно убѣдиться, если вспомнить взрывы паровыхъ котловъ или если произвести такой опытъ. Чугунную толстостѣнную бомбу наполняютъ водой, завинчиваютъ отверстіе винтомъ и охлаждаютъ, помѣстивъ ее въ смѣсь льда съ поваренной солью. Вода, переходя въ твердое состояніе, расширяется съ такой силой, что разрываетъ бомбу. Въ меньшемъ размѣрѣ можно этотъ опытъ произвести со стекляной бутылкой.

Мы видѣли уже не разъ, насколько важно знать *степень нагрѣтости* или, иначе, *температуру* тѣла. Такъ какъ съ измѣненіемъ температуры тѣлъ мѣняются ихъ свойства, то необходимо имѣть средство, чтобы безошибочно судить о ней. Наше тепловое ощущеніе недостаточно точно для этой цѣли, какъ въ этомъ легко можно убѣдиться на опытѣ. Возьмите три стакана: въ одномъ — вода со льдомъ, въ другомъ — вода комнатная, въ третьемъ — теплая. Если вы подержите одновременно лѣвую руку въ холодной водѣ и правую—въ теплой, и потомъ погрузите обѣ руки въ сосудъ съ комнатной водой, то отъ той же воды лѣвая рука ощутитъ тепло, а правая—холодъ.

Для науки, требующей точныхъ способовъ измѣренія, пользоваться только тепловыми ощущеніями нельзя, и поэтому предложенъ рядъ способовъ измѣренія температуры, въ которыхъ объ измѣненіи температуры можно судить по измѣненію какого-либо свойства тѣла. Простѣйшими приборами такого рода являются обыкновенные градусники, или термометры, основанные на свойствѣ жидкостей расширяться отъ нагрѣванія.

Въ сосудикъ съ припаянной къ нему тонкой трубкой (рис. 4) налита жидкость, изъ трубки выкачанъ воздухъ и отверстіе трубки запаяно. Если приводить этотъ сосудъ въ соприкосновеніе съ теплыми тѣлами, сосудъ нагрѣвается, и жидкость въ трубкѣ поднимается; отъ соприкосновенія съ болѣе холодными тѣлами уровень жидкости опускается. Однако, чтобы удобнѣе пользоваться термометромъ, надо какъ-нибудь отмѣтить на немъ, какой температурѣ соотвѣтствуетъ тотъ или другой уровень жидкости. Въ статьѣ 4 мы узнаемъ о томъ, что таяніе льда происходитъ при нѣкоторой постоянной температурѣ.

Точно такъ же при другой постоянной температурѣ происходитъ кипѣніе воды.

Этимъ-то и пользуются для нанесенія дѣленій на термометрѣ. Опускаютъ термометръ въ тающій ледъ и, когда поверхность жидкости перестанетъ опускаться, наносятъ противъ нея на стеклѣ черту и ставятъ цифру 0 (рис. 4). Затѣмъ термометръ погружаютъ въ пары кипящей воды. Уровень жидкости поднимается и устанавливается въ нѣкоторомъ мѣстѣ. Здѣсь снова проводятъ черту. Промежутокъ между этими двумя мѣстами—между *точкой таянія льда* и *точкою кипѣнія воды*—дѣлятъ на нѣкоторое число равныхъ частей.

Рис. 4.

Обыкновенно число этихъ частей — 100; это—термометръ Цельсія. Часто, однако, встрѣчаются термометры, въ которыхъ этотъ промежутокъ раздѣленъ на 80 частей; это — термометры Реомюра. Такимъ образомъ въ термометрѣ Цельсія цифра 0 обозначаетъ температуру плавленія льда, а цифра 100—кипѣнія воды. Такія же дѣленія наносятся также ниже 0 и выше 100. Если мы видимъ на термометрѣ поверхность жидкости противъ 18-й черты между 0 и 100, мы говоримъ, что термометръ «показываетъ 18° выше нуля», или «показываетъ плюсъ 18°», или «показываетъ 18° тепла», и обозначаемъ это такъ: $+18°$. Если уровень жидкости стоитъ противъ 12-го дѣленія подъ 0, мы говоримъ: «термометръ показываетъ 12° ниже нуля», или, иначе, «минусъ 12°», или еще: «12° холода», и обозначаемъ это такъ: $-12°$. Чтобы обозначить, какимъ термометромъ измѣряется въ томъ или иномъ случаѣ температура, при цифрѣ, означающей, сколько градусовъ, ставятъ, либо латинскія буквы *C* или *R*, либо русскія — *Ц* или *Р*. Если измѣреніе производилось при помощи термометра Цельсія, то при цифрѣ ставится либо *C* либо *Ц*; если же употреблялся термометръ Реомюра, то къ цифрѣ приписывается буква *Р* или *R*. Напримѣръ, написанное: $-12°C$, слѣдуетъ понимать такъ: минусъ 12 по Цельсію.

Въ наукѣ пользуются исключительно термометромъ Цельсія; въ общежитіи же пока чаще встрѣчаются термометры Реомюра.

Въ качествѣ жидкости для термометровъ большею частью употребляется ртуть. Кромѣ ртутныхъ термометровъ, для спеціальныхъ цѣлей (напримѣръ, для измѣренія очень высокихъ или очень низкихъ температуръ) употребляютъ термометры, наполненные другими жидкостями, а также газами.

Роль термометра въ наукѣ громадна; велика она также и въ жизни.

3. Количество теплоты.

Одинъ изъ самыхъ простыхъ способовъ нагрѣть какое-нибудь тѣло,—это привести его въ соприкосновеніе съ другимъ болѣе горячимъ тѣломъ. Если мы, напримѣръ, хотимъ разогрѣть кушанье, мы ставимъ его на горячую плиту, опускаемъ въ горячую воду; если остылъ чай въ стаканѣ, мы приливаемъ кипятку и т. д.

Дѣйствіе горячаго тѣла въ этихъ случаяхъ заключается въ повышеніи температуры другого холоднаго тѣла, и очень важно выяснить, отчего зависитъ это дѣйствіе. Прежде всего это дѣйствіе зависитъ оттого, насколько нагрѣто горячее тѣло. Если мы въ полстакана холоднаго чая нальемъ полстакана воды изъ самовара, въ которомъ вода кипитъ, мы получимъ большее нагрѣваніе, чѣмъ въ томъ случаѣ, если вода въ самоварѣ уже нѣсколько остыла. Съ другой стороны, нагрѣвательное дѣйствіе горячаго тѣла зависитъ отъ величины этого тѣла—отъ его *вѣса*, отъ его *массы*. Такъ, если въ полстакана холоднаго чая прилить четверть стакана кипящей воды, то нагрѣвательное дѣйствіе будетъ, конечно, меньше, чѣмъ если мы прильемъ полстакана, но больше, чѣмъ если мы прильемъ одну-двѣ ложки.

Изъ опытовъ и разсужденій, подобныхъ тѣмъ, какіе мы привели сейчасъ, легко убѣдиться, что количество теплоты, нужное для нагрѣванія какого-нибудь тѣла, тѣмъ больше, чѣмъ на большее число градусовъ пришлось нагрѣть это тѣло, и тѣмъ больше, чѣмъ больше его масса.

Посмотримъ теперь, только ли оттого, на сколько градусовъ понизилась температура горячаго тѣла, и оттого, какова его масса, зависитъ количество отданной имъ теплоты. Попробуемъ взять тѣла одинаковой массы (одинаковаго вѣса), нагрѣемъ ихъ до одной температуры и посмотримъ, одинаковое ли отдадутъ они, при охлажденіи, количество теплоты.

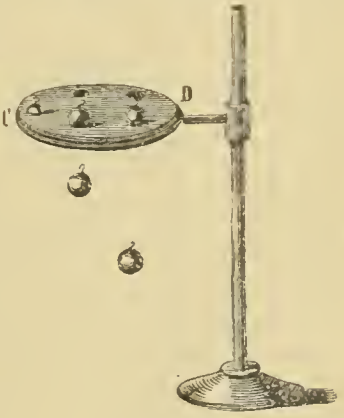


Рис. 5.

Можно наглядно убѣдиться въ неодинаковости отдаваемыхъ при этомъ количествъ теплоты, если произвести опытъ (см. рис. 5).

На одну общую рукоятку надѣваютъ пять шариковъ одинаковаго вѣса изъ различныхъ металловъ, напримѣръ: желѣза, цинка, мѣди, свинца и висмута. Шарики погружаютъ въ сосудъ съ кипящей водой и затѣмъ послѣ нагрѣванія сбрасываютъ съ рукоятки на пластинку воска, толщиною въ 4—5 миллиметровъ, которая лежитъ на металлическомъ

кольцѣ, укрѣпленномъ на ножкахъ. Нагрѣтые шарики начинаютъ отдавать свое тепло воску, который подъ ними начинаетъ плавиться. Оказывается, что подъ разными шариками воскъ плавится не въ одинаковой мѣрѣ. По истеченіи нѣкотораго времени желѣзный шарикъ проплавляетъ восковую пластинку насквозь и падаетъ на столъ, затѣмъ черезъ нѣкоторое время проскакиваетъ мѣдный шарикъ. Остальные шарики остаются на поверхности воска, при чемъ больше всего оказывается погруженнымъ цинковый шарикъ. Такъ какъ шарики были нагрѣты до одной и той же температуры и охладились до одной и той же температуры, то, значитъ, они при своемъ охлажденіи отдали различныя количества тепла. Больше всего тепла отдалъ желѣзный шарикъ, меньше всего—свинцовый и висмутовый.

Произведемъ еще такой опытъ. Въ стаканъ, содержащій 100 граммовъ воды при 20° Цельсія, вольемъ 100 граммовъ воды кипящей (100°). Перемѣшавши жидкость въ стаканѣ, мы съ помощью термометра убѣдимся, что температура смѣси будетъ 60°. Послѣ этого мы въ стаканъ, содержащій опять-таки 100 граммовъ воды при 20° Ц., вольемъ 100 граммовъ ртути, нагрѣтой тоже до 100 градусовъ. Термометръ покажетъ, что температура и воды и ртути стала теперь $22^1/_2°$, такъ что вода нагрѣлась всего на $2^1/_2°$. Чтобы получить отъ ртути то же количество тепла, что отъ 100 граммовъ воды, т.-е. чтобы нагрѣть 100 граммовъ холодной воды отъ 20° до 60°, потребовалось бы влить туда не 100, а 3.000 граммовъ ртути, нагрѣтой до 100°.

Но, охлаждаясь, ртуть, какъ и вода, отдавала только то тепло, которое получила при нагрѣваніи. Слѣдовательно, мы изъ этого опыта приходимъ къ заключенію, что ртуть требуетъ для своего нагрѣванія теплоты меньше, чѣмъ вода.

Всякую величину полезно умѣть мѣрить, а для этого надо имѣть единицу мѣры.

За единицу количества теплоты принимаютъ то количество тепла, которое требуется для нагрѣванія 1 грамма (1 куб. сант.) воды на одинъ градусъ Цельсія. Это количество теплоты называютъ *малою калоріею* или просто *калоріею*. 1000 малыхъ калорій составляютъ 1 большую калорію.

Условились считать, что количество теплоты, нужное для нагрѣванія одного грамма воды на нѣсколько градусовъ, равно столькимъ калоріямъ, на сколько градусовъ мы нагрѣли воду, а количество теплоты, потребное для нагрѣванія нѣсколькихъ граммовъ на одинъ градусъ, равно столькимъ колоріямъ, сколько граммовъ воды мы взяли. Такъ, напримѣръ, мы считаемъ, что для нагрѣванія 25 граммовъ воды съ 12° до 22° нужно 25.10=250

калорій, потому что для нагрѣванія 25 граммовъ на 1° нужно 25 калорій, а для нагрѣванія 1 грамма на 10° нужно 10 калорій.

Число калорій, которое нужно, чтобы нагрѣть 1 граммъ какого-нибудь матеріала на 1°, называется *теплоемкостью* этого матеріала.

Мраморъ, напримѣръ, требуетъ для своего нагрѣванія на нѣкоторое число градусовъ только $^1/_5$ (0,2) того количества тепла, котораго потребовала бы вода, взятая въ такомъ же количествѣ, при нагрѣваніи на столько же градусовъ. Значитъ, тѣмъ теплomъ, которымъ можно данную массу воды нагрѣть, скажемъ, на 10°, можно на столько же градусовъ нагрѣть въ пять разъ бо̀льшую массу мрамора.

Зная теплоемкость даннаго матеріала, можно разсчитать, сколько калорій надо потратить, чтобы нагрѣть нѣкоторое количество этого матеріала на нѣкоторое число градусовъ. Пусть, напримѣръ, имѣемъ кусокъ мѣди вѣсомъ въ 250 граммовъ. Разсчитаемъ, сколько калорій потребуется, чтобы этотъ кусокъ мѣди нагрѣть отъ 15° до 35°. Если бы мы имѣли 250 граммовъ воды, то потребовалось бы 250 калорій, чтобы нагрѣть эту воду на 1°, а чтобы нагрѣть эту воду на 20° (35°—15°), надо было бы употребить въ 20 разъ больше калорій, т.-е. 250 × 20 калорій = = 5.000. У насъ, однако, не вода, а мѣдь, теплоемкость которой равна 0,092. Слѣдовательно, для нагрѣванія 250 гр. мѣди отъ 15° до 35° потребуется 250 × 20 × 0,092 калорій, т.-е. 460 калорій.

4. Измѣненіе состоянія.

Остановимся теперь на вопросѣ объ измѣненіяхъ состоянія тѣлъ, происходящихъ при измѣненіи ихъ температуры.

Если мы возьмемъ какую-нибудь жидкость и станемъ ее охлаждать, то въ большинствѣ случаевъ она мало-по-малу переходитъ цѣликомъ въ твердое состояніе, отвердѣваетъ, замерзаетъ. Во все время отвердѣванія температура жидкости и образующагося изъ нея твердаго тѣла остается одною и тою же. Такъ, термометръ, опущенный въ выставленную на морозъ и замерзающую чистую воду, показываетъ 0°, пока вся вода не обратится въ ледъ; термометръ, опущенный въ застывающій парафинъ, показываетъ + 46°Ц.; термометръ, опущенный въ затвердѣвающую (на очень сильномъ морозѣ или при искусственномъ сильномъ охлажденіи) ртуть, показываетъ — 39° Ц.; въ затвердѣвающій свинецъ—показываетъ + 327° Ц.

Если же мы полученное твердое тѣло станемъ нагрѣвать, то при нѣкоторой вполнѣ опредѣленной температурѣ, одинако-

вой съ температурою отвердѣванія той жидкости, изъ которой получилось это твердое тѣло, оно начнетъ переходить въ жидкое состояніе: таять, плавиться.

Такимъ образомъ большинство твердыхъ тѣлъ обладаетъ вполнѣ опредѣленною *температурою плавленія*, равною притомъ *температурѣ отвердѣванія* соотвѣтствующей жидкости. Такъ, температура плавленія мѣди равна + 1065°, свинца равна + 327°, льда равна 0°, ртути равна — 39° [1]).

Существуетъ, однако, одно обстоятельство, которое способно измѣнять температуру плавленія тѣла. Если мы тѣло подвергнемъ бо́льшему давленію, то температура его плавленія измѣнится; при чемъ у однихъ тѣлъ она поднимется, у другихъ — понизится. Зависитъ это измѣненіе температуры плавленія отъ того, какъ измѣняется объемъ тѣла при переходѣ изъ твердаго состоянія въ жидкое. Если тѣло при плавленіи увеличивается въ объемѣ, что имѣетъ мѣсто у большинства тѣлъ, то увеличеніе внѣшняго на тѣло давленія повышаетъ температуру плавленія тѣла. Это обстоятельство можно объяснить тѣмъ, что возросшее давленіе какъ бы препятствуетъ тѣлу перейти въ жидкость, для чего ему надо расшириться, и потому для плавленія надо болѣе повысить температуру его, чѣмъ при меньшемъ давленіи. Если тѣло при плавленіи уменьшается въ объемѣ, какъ, напримѣръ, ледъ, то увеличеніе давленія влечетъ за собой пониженіе температуры плавленія. Въ этомъ случаѣ увеличеніе давленія какъ бы помогаетъ плавленію, приближая тѣло по объему къ жидкости, и потому для плавленія требуется не столь высокая температура. Въ пониженіи температуры плавленія льда отъ увеличенія давленія можно убѣдиться, если сжать кусокъ льда тисками или какой-нибудь тяжестью: ледъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ на него производится давленіе, таетъ быстрѣе, чѣмъ въ сосѣднихъ мѣстахъ. Очень поучителенъ и доступенъ слѣдующій опытъ (рис. 6). Черезъ большой кусокъ льда перекидываютъ тонкую проволоку, на которую вѣшаютъ большой грузъ ($^1/_2$ пуда — 1 пудъ). Ледъ, находящійся непосредственно подъ проволокой, испытывая большое давленіе, таетъ, вслѣдствіе чего проволока опускается все ниже. На плавленіе льда требуется теплота, которая и отнимается отъ сосѣднихъ частей льда, охлаждающихся благодаря этому нѣсколько ниже 0°. Когда же вода, образующаяся отъ плавленія, попадаетъ

[1]) Не всѣ твердыя тѣла при нагрѣваніи переходятъ цѣликомъ въ жидкое состояніе. Нѣкоторыя при нагрѣваніи разлагаются на составныя части, напримѣръ, дерево, на чемъ основана «сухая перегонка» его; а другія, какъ увидимъ дальше, переходятъ сразу въ газообразное состояніе, *«возгоняются»*.

подъ проволоку, то, освободившись отъ давленія и соприкасаясь съ частями льда, имѣющими температуру ниже 0°, она снова замерзаетъ. Такимъ образомъ проволока постепенно прорѣзается сквозь ледъ, но ледъ остается попрежнему цѣлымъ кускомъ.

Наблюдая плавленіе тѣла, находящагося на какомъ-нибудь источникѣ тепла, напримѣръ, плавленіе куска льда въ кастрюлькѣ, стоящей на горячей плитѣ, мы замѣтимъ еще слѣдующее: когда плавленіе начинается, термометръ перестаетъ подниматься и въ теченіе всего времени плавленія показываетъ одну и ту же температуру. Только послѣ того, какъ все тѣло перешло въ жидкое состояніе, термометръ начинаетъ снова подниматься. Такимъ образомъ во все время плавленія тѣла сообщаемая ему теплота идетъ *не на нагрѣваніе* его, а на то, чтобы заставить его перейти изъ твердаго состоянія въ жидкое. Не будетъ притока тепла, прекратится и плавленіе; замедлится притокъ тепла — замедлится и плавленіе. Такъ, напримѣръ, въ ледникахъ мы сохраняемъ ледъ въ теченіе иногда всего лѣта, благодаря тому, что замедляемъ притокъ тепла. Чѣмъ большее количество тепла сообщимъ мы тѣлу, тѣмъ больше расплавится его. Поэтому, чтобы показать, сколько тепла требуется для плавленія тѣла, приводятъ то количество теплоты, которое требуется для плавленія *единицы массы* тѣла, напримѣръ, для плавленія 1 грамма. Это количество тепла называется *теплотой плавленія*. Иногда прибавляютъ слово «скрытая» — «скрытая теплота плавленія» — для того, чтобы указать, что эта теплота не обнаруживается термометромъ, такъ какъ она не поднимаетъ температуры тѣла. Эта теплота уходитъ на то, чтобы разрушить внутреннія связи твердаго тѣла и сообщить частицамъ ту удобоподвижность и текучесть, которую имѣютъ частицы жидкихъ тѣлъ. Теплота плавленія для различныхъ тѣлъ различна. Чтобы обратить 1 граммъ льда при 0° въ воду, имѣющую 0°, требуется 80 калорій, т.-е. такое количество, какое нужно, чтобы 1 граммъ воды нагрѣть на 80°. Такимъ образомъ теплота плавленія льда равна 80 калоріямъ; теплота плавленія желѣза — 33 калоріямъ, мѣди—43, серебра—25, ртути—$2\frac{3}{4}$ и т. д.

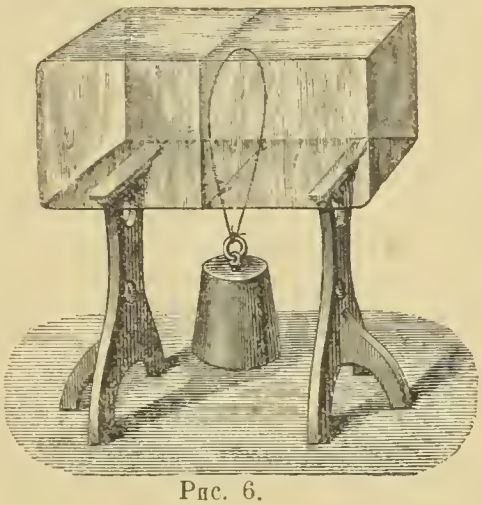


Рис. 6.

При достаточномъ охлажденіи всякая жидкость обращается въ твердое состояніе, при нагрѣваніи—въ газообразное. Переходъ жидкости въ газообразное состояніе можетъ быть двоякій: *кипѣніе* и *испареніе*. При испареніи жидкость обращается въ газъ, или, какъ его тогда называютъ, *въ паръ*, только съ поверхности, при кипѣніи же она всею массою—и съ поверхности и внутренними своими частями — обращается въ паръ, или газообразное состояніе.

Если въ открытомъ сосудѣ нагрѣвать жидкость, то при достаточномъ нагрѣваніи она закипаетъ. Слѣдя за показаніями термометра, мы замѣтимъ, что кипѣніе начинается тогда, когда жидкость нагрѣвается до опредѣленной температуры, послѣ чего термометръ продолжаетъ показывать одну и ту же температуру до тѣхъ поръ, пока вся жидкость не испарится. Температура эта для разныхъ веществъ различна и называется *температурой кипѣнія*. Такъ, температура кипѣнія воды равна 100° Ц. ртути равна + 357°, чистаго спирта + 78°, и т. д. Эти температуры кипѣнія относятся къ среднему давленію атмосферы на уровнѣ моря [1]), равному давленію столба ртути въ 760 мм. высотою, а при иномъ давленіи температуры кипѣнія будутъ иныя, потому что температура кипѣнія значительно измѣняется, если измѣнять давленіе на нагрѣваемую жидкость.

Переходя изъ жидкаго состоянія въ газообразное, всѣ тѣла сильно увеличиваются въ объемѣ; поэтому увеличеніе давленія на жидкость отдаляетъ ее отъ газообразнаго состоянія и затрудняетъ процессъ кипѣнія, такъ что при повышеніи давленія температура кипѣнія повышается, а при пониженіи давленія температура кипѣнія понижается. Чтобы ознакомиться съ вліяніемъ давленія на температуру кипѣнія, можно прибѣгнуть къ опыту съ котломъ Папина. Котелъ Папина (рис. 7), это — толстостѣнный мѣдный сосудъ, въ который наливается вода и нагрѣвается до состоянія кипѣнія. Образующіеся въ котлѣ водяные пары могутъ быть выпущены наружу при помощи крана. Въ крышкѣ сосуда сдѣлано углубленіе, въ которое вставляется термометръ, для того, чтобы слѣдить за температурой воды и пара, находящихся въ котлѣ, а также имѣется предохранительный клапанъ съ передвижнымъ грузомъ, который открывается давленіемъ образовавшихся внутри сосуда паровъ, когда это давленіе возрастаетъ до извѣстной величины. Нагрѣвая воду въ этомъ котлѣ, при открытомъ кранѣ, мы увидимъ, что термометръ станетъ подниматься и поднимется, наконецъ, до 100°; при

[1]) Объ этомъ давленіи см. «Метеорологія», отдѣлъ VI.

этой температурѣ жидкость закипитъ, и паръ съ силой будетъ выходить изъ крана. Если мы теперь кранъ закроемъ, то термометръ начнетъ подниматься. Наконецъ, при нѣкоторой высшей температурѣ, напримѣръ, при 102° пары станутъ бурно выходить изъ клапана, который они уже будутъ въ состояніи поднять своей упругостью. Причина повышенія температуры заключается въ томъ, что, закрывъ кранъ, мы подвергли жидкость давленію ея собственныхъ паровъ. Давленіе это возрастало, такъ какъ парамъ не было выхода наружу, и потому кипѣніе потребовало болѣе высокой температуры. Если открыть кранъ и выпустить пары, то температура кипящей жидкости и ея паровъ понизится: термометръ снова будетъ показывать 100°.

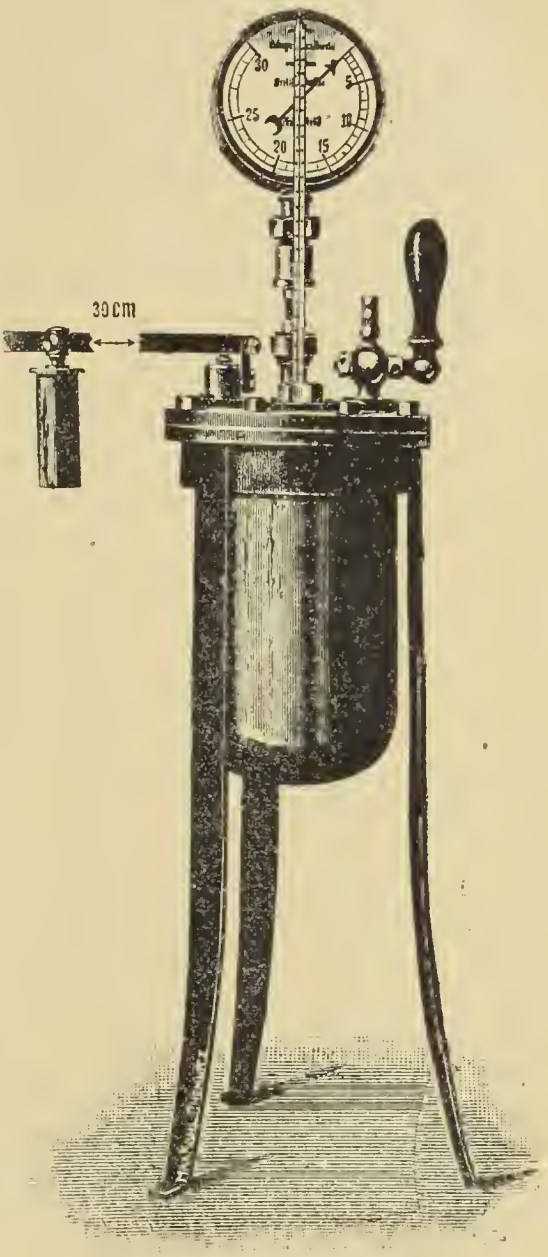


Рис. 7.

Прежде, чѣмъ переходить къ опыту, показывающему пониженіе температуры кипѣнія съ уменьшеніемъ давленія, остановимся на состояніи пара, находящагося надъ водою въ Папиновомъ котлѣ или въ любомъ другомъ паровомъ котлѣ. Этотъ паръ — при данной температурѣ — производитъ вполнѣ опредѣленное давленіе на стѣнки заключающаго его котла, имѣетъ, какъ говорится, вполнѣ опредѣленную *упругость*, зависящую только отъ температуры и увеличивающуюся съ ея повышеніемъ. Упругость эта не зависитъ отъ объема пространства, находящагося надъ жидкостью и предназначеннаго для пара. Если объемъ этого пространства уменьшить, то плотность и упругость пара въ остающемся пространствѣ не увеличатся, а избытокъ пара превратится въ жидкое

состояніе; если же объемъ этого пространства увеличить, то еще часть жидкости превратится въ паръ, — и плотность и упругость пара снова станутъ прежними.

Вслѣдствіе такихъ особенныхъ свойствъ подобные пары называются *насыщающими пространство* или *насыщенными*. Если же въ пространствѣ надъ жидкостью еще не успѣло образоваться достаточно пара для насыщенія этого пространства, то пары называются *не насыщающими пространства* или *ненасыщенными*.

Упругость насыщающихъ пространство паровъ не зависитъ оттого, будетъ ли надъ жидкостью пустота или будутъ давить на нее какіе-нибудь газы. Въ послѣднемъ случаѣ къ давленію этихъ газовъ прибавляется еще давленіе насыщающихъ паровъ.

Для того, чтобы жидкость кипѣла, т.-е. превращалась въ паръ не только со своей поверхности, но и внутренними своими частями, пары ея должны обладать такой же упругостью, какой обладаетъ атмосфера, давящая на жидкость; иначе пары не въ состояніи выдѣлиться изъ жидкости и подняться. Поэтому мы можемъ сказать, что температура кипѣнія жидкости есть та температура, при которой упругость насыщающихъ пространство паровъ ея равна внѣшнему давленію.

Упругость насыщающихъ пространство паровъ, какъ показываетъ, напримѣръ, опытъ съ котломъ Папина, возрастаетъ съ повышеніемъ температуры и уменьшается, слѣдовательно, съ ея пониженіемъ. Поэтому если мы, напримѣръ, имѣемъ пространство, насыщенное парами при нѣкоторой температурѣ и охладимъ его, то, такъ какъ теперь въ этомъ пространствѣ уже не можетъ помѣщаться прежнее количество паровъ, часть ихъ должна превратиться въ жидкое состояніе. Она можетъ выдѣлиться въ видѣ капелекъ на стѣнкахъ, образуя на нихъ своего рода *росу*, или же внутри сосуда, образуя въ немъ *туманъ*. Такой туманъ можно видѣть, напримѣръ, надъ водою, кипящею въ кастрюлькѣ, или надъ стаканомъ съ чаемъ, или на нѣкоторомъ разстояніи отъ отверстія въ крышкѣ кипящаго самовара, и мы обыкновенно этотъ туманъ и называемъ паромъ, хотя на самомъ дѣлѣ этотъ «паръ» какъ разъ и не есть паръ, а есть капли жидкости, переставшей быть паромъ.

Обращеніе части насыщающаго пространства пара въ жидкость при пониженіи температуры позволяетъ довольно просто показать пониженіе температуры кипѣнія съ уменьшеніемъ давленія. Въ стеклянномъ сосудѣ (круглодонной колбѣ) нагрѣемъ воду до кипѣнія и продолжимъ нагрѣваніе еще нѣкоторое время, чтобы вытѣснить заключающійся въ со-

судѣ воздухъ, затѣмъ прекративъ нагрѣваніе, тотчасъ же закрываемъ сосудъ плотно пробкой. Вслѣдствіе прекращенія нагрѣванія кипѣніе прекратится. Если послѣ этого сосудъ поставить вверхъ дномъ (рис. 8) и на это дно наливать холодной воды или положить тряпочку, смоченную холодной водой, то кипѣніе снова возобновится. Объясняется это явленіе слѣдующимъ образомъ: въ сосудѣ находится горячая вода и надъ нею насыщающіе пространство пары ея. Обливая дно сосуда холодной водой, мы охлаждаемъ сосудъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и пары, часть которыхъ вслѣдствіе этого осѣдаетъ на стѣнки. Давленіе остального пара на воду уменьшается, вода закипаетъ при болѣе низкой температурѣ.

Рис. 8.

Въ томъ, что уменьшеніе давленія на жидкость понижаетъ температуру кипѣнія ея, убѣждаетъ насъ еще тотъ фактъ, что на горахъ кипѣніе происходитъ при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ въ долинахъ. Установлено, что при поднятіи вверхъ на 300 метровъ температура кипѣнія понижается на 1°. Пользуясь этимъ обстоятельствомъ, можно по пониженію температуры кипѣнія судить о высотѣ даннаго мѣста надъ уровнемъ моря.

Упругость насыщающихъ пространство паровъ быстро возрастаетъ съ повышеніемъ температуры. Такъ, у воды упругость пара при 20° Ц. около $^1/_{43}$ атмосферы, при 100° равна 1 атмосферѣ, при 120° равна 2 атм., при 155°—5 атм., при 175°—10 атм., а при 365°—200 атм. Чѣмъ больше упругость насыщающихъ пространство паровъ, тѣмъ больше и ихъ плотность, и тѣмъ меньше они отличаются отъ жидкости, надъ которою находятся. Такъ, водяной паръ при 20° въ 58.000 разъ легче воды при 20°, при 100° всего въ 16.000 разъ легче, при 150° — въ 359, а при 365° нисколько отъ нея не отличается. Поэтому при температурѣ въ 365° и при болѣе высокихъ температурахъ, какъ ни уменьшай объемъ паровъ воды, какъ ни увеличивай на нихъ давленіе, ихъ нельзя превратить въ жидкость. Такая температура, начиная съ которой никакимъ давленіемъ нельзя превратить газъ въ жидкое состояніе, называется *критическою температурою*. Для воды критическая температура + 365°, а, напримѣръ, для углекислаго газа, который при температурѣ

въ 0° Ц. можно обратить въ жидкость давленіемъ въ 38 атм., а при температурѣ въ 20° Ц.—давленіемъ въ 55 атм., критическая температура + 32° Ц. Другіе же газы, какъ, напримѣръ, кислородъ и водородъ, требуютъ для своего сжиженія еще болѣе низкихъ температуръ. Такъ, кислородъ сжижается при—183° подъ давленіемъ 1 атмосферы, при — 135° подъ давленіемъ 22 атмосферъ. Наивысшая температура, при которой можно привести кислородъ въ жидкое состояніе,—другими словами, критическая температура кислорода есть—119°; при этомъ требуется давленіе въ 51 атмосферу. Для сжиженія этихъ газовъ, которые въ старину считались даже не сжижаемыми, придумано много различныхъ приборовъ, которые даютъ возможность одновременно сжижать и охлаждать газъ. Описаніе этихъ приборовъ выходитъ за предѣлы этой статьи.

Обратимся теперь къ другому явленію, сопровождающему кипѣніе жидкости. Явленіе это заключается въ томъ, что во все время кипѣнія температура жидкости и паровъ ея (если только не измѣняется внѣшнее давленіе) остается постоянною. Непрерывно притекающая къ кипящей жидкости теплота съ момента начала кипѣнія идетъ не на нагрѣваніе ея, а на переводъ жидкости въ газообразное состояніе. Эта теплота, идущая на переводъ жидкаго тѣла въ газообразное состояніе и разсчитанная на единицу массы, называется *теплотою кипѣнія* или *скрытою теплотою кипѣнія или испаренія.*

Когда газообразное тѣло переходитъ въ жидкое состояніе, оно отдаетъ ту теплоту, которую поглотило при обращеніи изъ жидкаго состоянія въ газообразное. Этимъ можно воспользоваться для того, чтобы опредѣлить теплоту испаренія.

Произведемъ слѣдующій опытъ. Возьмемъ въ сосудъ воды (рис. 9) и закроемъ его пробкой, сквозь которую пропущена изогнутая трубка. Болѣе длинное колѣно этой дважды изогнутой трубки погружено въ стаканъ съ водой. Этотъ стаканъ, узкій и высокій, снабженъ дѣленіями, указывающими на количество налитой въ него воды. Нальемъ въ стаканъ 200 граммовъ (куб. сант.) воды и станемъ подогрѣвать жидкость въ сосудѣ. Образующіеся въ сосудѣ пары вытѣснятъ сначала воздухъ, который будетъ подниматься пузырьками въ стаканѣ, а затѣмъ станутъ сами переходить изъ сосуда въ стаканъ. Въ холодной водѣ пары станутъ сжижаться и уровень воды въ стаканѣ станетъ подниматься. Вмѣстѣ съ тѣмъ вода въ стаканѣ будетъ все болѣе нагрѣваться и, нако-

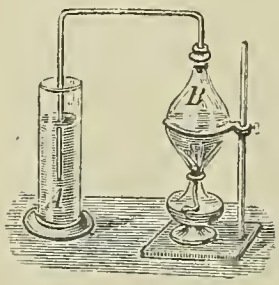


Рис. 9.

нецъ, нагрѣется до того, что закипитъ. Посмотрѣвъ, противъ какого дѣленія въ этотъ моментъ находится жидкость въ стаканѣ, мы найдемъ, что жидкости прибавилось около 32 граммовъ. Итакъ, эти 32 грамма водяныхъ паровъ, переходя въ жидкое состояніе, выдѣлили столько тепла, что нагрѣли 200 гр. воды отъ 20° до 100°. Чтобы нагрѣть 1 граммъ воды отъ 20° до 100°, требуется 80 калорій, для нагрѣванія же 200 граммовъ требуется въ 200 разъ больше, т.-е. 80×200=16.000 калорій. Слѣдовательно, 32 грамма пара, переходя въ жидкое состояніе, отдали 16.000 калорій, а одинъ граммъ пара отдаетъ 16.000 : 32= =500 калорій. Это и есть то количество тепла, какое надо затратить на превращеніе въ пары 1 грамма воды при атмосферномъ давленіи, это—*теплота кипѣнія воды*.

Въ такомъ опытѣ не принято во вниманіе много обстоятельствъ, вліяющихъ на точность измѣренія, главнымъ образомъ, отдачи тепла различнымъ окружающимъ нашъ приборъ тѣламъ. Точныя изслѣдованія даютъ для теплоты испаренія воды значеніе 536 калорій, для ртути—68 калорій, для спирта—205, для жидкаго воздуха—44 и т. д.

Перейдемъ теперь къ испаренію жидкостей, къ переходу ихъ въ парообразное состояніе только съ поверхности. Съ такими случаями мы непрерывно имѣемъ дѣло въ жизни. Такъ, лужа воды постепенно высыхаетъ, мокрое бѣлье становится сухимъ по истеченіи нѣкотораго времени и т. д.

Какъ для кипѣнія, такъ и для испаренія сосудъ, въ которомъ находится жидкость, долженъ быть открытымъ, но при кипѣніи пары жидкости должны имѣть упругость, которая равнялась бы внѣшнему давленію, что возможно только при одной вполнѣ опредѣленной температурѣ. При испареніи же пары жидкости могутъ имѣть какую угодно упругость, но меньшую, чѣмъ внѣшнее давленіе. Поэтому испареніе можетъ происходить при всякой температурѣ. Однако оно идетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше температура; такъ, напр., лѣтомъ лужа высыхаетъ скорѣе, чѣмъ весною. Далѣе испареніе зависитъ еще оттого, насколько паръ, находящійся въ пространствѣ надъ жидкостью, близокъ къ насыщенію этого пространства. Такъ, въ сухую погоду, когда водяныхъ паровъ въ воздухѣ мало, испареніе воды идетъ быстрѣе, чѣмъ во влажную, туманную. Наконецъ жидкость испаряется тѣмъ скорѣй, чѣмъ больше ея поверхность. Капля воды на столѣ высыхаетъ медленно; если же мы разотремъ ее по столу, она высыхаетъ очень быстро.

При испареніи, какъ и при кипѣніи, жидкость должна получить со стороны тепло, чтобы обратиться въ паръ. Если этого

притока тепла со стороны нѣтъ, то теплота берется отъ самой жидкости и отъ тѣлъ, съ которыми она соприкасается. Испаряющаяся жидкость охлаждается.

Чтобы воочію убѣдиться въ томъ, что при испареніи происходитъ охлажденіе, сдѣлаемъ такой опытъ съ термометромъ. Обернемъ часть термометра, содержащую ртуть, тряпочкою, смоченною комнатной водой. Мы увидимъ, что уровень ртути въ термометрѣ понизится. Если мы мѣхами станемъ обдувать тряпочку, то температура еще болѣе понизится.

Испареніе, какъ и кипѣніе, связано также съ давленіемъ на жидкость: чѣмъ это давленіе меньше, тѣмъ испареніе идетъ быстрѣе. Въ этомъ убѣждаетъ насъ такой опытъ. Въ стаканъ, содержащій эѳиръ, вставимъ пробирку съ водой и помѣстимъ его подъ колоколомъ воздушнаго насоса. Выкачивая изъ колокола воздухъ, мы въ скоромъ времени замѣтимъ, что вода въ пробиркѣ замерзнетъ. Въ настоящее время въ большихъ городахъ существуютъ заводы, приготовляющіе ледъ, при чемъ выдѣлка льда основана на подобномъ же охлажденіи жидкости при ея испареніи.

5. Способы передачи тепла.

Когда тѣло нагрѣвается въ одномъ мѣстѣ, то это тепло постепенно передается всему тѣлу. Изъ повседневнаго опыта мы, однако, знаемъ, что у разныхъ тѣлъ эта передача тепла происходитъ неодинаково быстро. Такъ, кочерга, введенная однимъ концомъ въ печь, нагрѣвается до того, что мы не можемъ ея коснуться пальцами, въ то время, какъ безъ всякаго вреда можемъ руками достать бревно, взявши его за необуглившійся конецъ. Для болѣе наглядна-

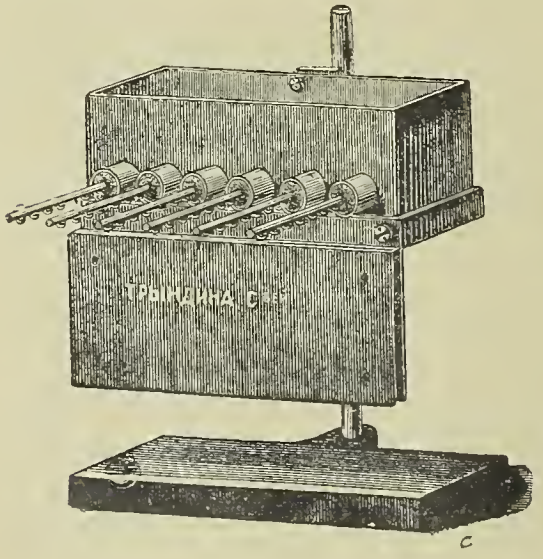


Рис. 10.

го сравненія *теплопроводности* тѣлъ можно прибѣгнуть къ слѣдующему опыту. Въ боковой стѣнкѣ жестяного сосуда (рис. 10) продѣлано нѣсколько отверстій, сквозь которыя пропущено нѣсколько одинаковыхъ по размѣру стержней изъ различныхъ веществъ, напр., мѣди, латуни, желѣза, цинка, стекла и дерева. Стержни смазаны воскомъ, и къ нимъ прилѣплено по одинаковому числу

шариковъ на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ. Въ сосудъ наливается горячая вода. Концы стержней, соприкасающіеся съ горячей водой, нагрѣваются и передаютъ тепло вдоль по стержню. Подъ вліяніемъ тепла воскъ начинаетъ плавиться, и шарики постепенно отпадаютъ. По прошествіи нѣкотораго времени мы увидимъ, что больше всего шариковъ отпало отъ мѣднаго стержня, меньше — отъ желѣзнаго, еще меньше — отъ стекляннаго и, наконецъ, меньше всего—отъ деревяннаго. Такой опытъ показываетъ, что среди избранныхъ тѣлъ наилучшей теплопроводностью обладаетъ мѣдь, наихудшей — дерево.

Разной степенью проводимости тепла объясняется то обстоятельство, что при одной и той же температурѣ разныя тѣла намъ кажутся неодинаково теплыми или холодными. При комнатной температурѣ металлическіе предметы намъ кажутся холоднѣе деревянныхъ или стеклянныхъ. Когда мы касаемся пальцами металлическаго предмета, мы нагрѣваемъ его въ мѣстѣ прикосновенія, но такъ какъ металлъ—хорошій проводникъ тепла, то отнятая отъ нашихъ пальцевъ теплота быстро передается сосѣднимъ частямъ предмета, и отъ нашихъ пальцевъ отнимается новое тепло. Касаясь хорошаго проводника, мы теряемъ больше тепла, чѣмъ касаясь дурного проводника, а бо́льшая потеря тепла даетъ ощущеніе бо́льшаго холода. По той же причинѣ мы «обжигаемъ» руку, коснувшись на морозѣ желѣзнаго или мѣднаго предмета, въ то время, какъ безнаказанно беремъ въ руки дерево, стекло и т. п.

Скорость передачи тепла въ жидкости зависитъ отъ способа нагрѣванія. Если жидкость нагрѣвать обычнымъ путемъ—с н и з у, то происходитъ п е р е д в и ж е н і е частицъ. Нагрѣтые слои воды, становясь легче, подымаются вверхъ; верхніе слои, какъ болѣе холодные и тяжелые, опускаются внизъ, гдѣ нагрѣваются, поднимаются вверхъ и т. д. Происходитъ круговоротъ или, какъ говорятъ, *циркуляція* жидкости. Эту циркуляцію жидкости можно наблюдать въ любомъ сосудѣ. Но особенно ясно видна она въ такомъ опытѣ: берутъ стеклянный сосудъ вида, изображеннаго на рис. 11, и наполняютъ его водой почти доверху. Въ воду бросаютъ какіе-нибудь легкіе плавающіе въ водѣ предметы, напр., древесныя опилки, съ цѣлью сдѣлать движеніе жидкости болѣе отчетливымъ, и подогрѣваютъ одно колѣно сосуда го-

Рис. 11.

рѣлкой. Тогда жидкость начинаетъ *циркулировать*: она поднимается въ подогрѣваемомъ колѣнѣ, направляется черезъ верхнее горизонтальное колѣно въ другое вертикальное, здѣсь—опускается; по нижнему горизонтальному направляется къ мѣсту нагрѣванія, здѣсь поднимается снова и т. д. Если подогрѣвать другое колѣно, то вращеніе происходитъ въ противоположную сторону.

Чтобы имѣть случай теплопроводности, подобный теплопроводности твердыхъ тѣлъ, нагрѣваютъ жидкость сверху; тогда нагрѣвшіеся слои жидкости остаются на мѣстѣ, и тепло передается постепенно отъ одного слоя къ другому, но передается крайне медленно. Это показываетъ, что теплопроводность большинства жидкостей очень мала. Малую теплопроводность воды можно обнаружить такимъ опытомъ. Въ пробирку (рис. 12) кладутъ на дно кусокъ льда и прижимаютъ его кускомъ свернутой проволоки. Поверхъ льда наливаютъ воду и начинаютъ осторожно подогрѣвать верхнюю часть пробирки на горѣлкѣ. Черезъ нѣкоторое время верхній слой воды закипаетъ, между тѣмъ, какъ ледъ на днѣ пробирки не растаялъ и имѣетъ температуру 0°.

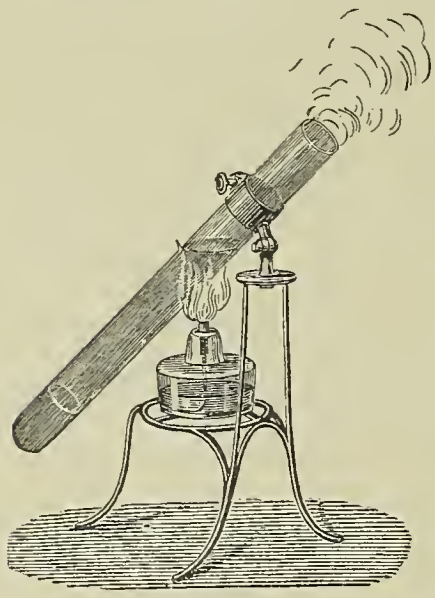


Рис. 12.

Нагрѣваніе газообразныхъ тѣлъ происходитъ также путемъ циркуляціи. Въ этомъ легко убѣдиться при помощи интереснаго опыта съ игрушечнымъ каучуковымъ шаромъ, который вслѣдствіе своей легкости стремится подняться вверхъ въ воздухѣ. Подвѣсьте къ такому шару такой грузъ,—въ видѣ веревочки или бумажки, — чтобъ этотъ шаръ посреди комнаты находился въ равновѣсіи, т.-е. не подымался и не опускался, и поднесите его къ теплой стѣнѣ, обогрѣваемой печкой; шаръ тотчасъ же поднимется до потолка, по потолку проплыветъ до холоднаго окна, опустится до пола и на полу проплыветъ до теплой стѣнки; тамъ онъ снова подымется и будетъ продолжать свое круговое движеніе безпрерывно.

Теплопроводность газовъ очень мала. На этомъ свойствѣ газовъ основано употребленіе двойныхъ зимнихъ рамъ. Слой воздуха между двойными рамами, будучи плохимъ проводникомъ тепла, предохраняетъ жилища отъ быстраго охлажденія. Въ сильно разрѣженномъ состояніи газъ еще хуже проводитъ тепло, какъ это можно видѣть на примѣрѣ такъ называемыхъ Дьюаров-

скихъ сосудовъ (въ продажѣ встрѣчаются подъ названіемъ «Термосъ»). Это (рис. 13) стеклянные сосуды съ двойными стѣнками, между которыми воздухъ выкачанъ какъ можно лучше при помощи наноса. Горячія или холодныя жидкости сохраняются въ въ нихъ въ теченіе долгаго времени, при чемъ температура ихъ почти не измѣняется: такъ, горячій чай, налитый въ такой сосудъ, еще чрезъ сутки настолько горячъ, что обжигаетъ губы. Такіе сосуды были изобрѣтены Дьюаромъ для сохраненія сжиженныхъ газовъ, температура которыхъ очень низка и къ которымъ надо замедлить притокъ тепла извнѣ.

Малая теплопроводность такихъ тѣлъ, какъ вата, шерсть, волосъ, мѣхъ и т. д., обусловливается, главнымъ образомъ, тѣмъ, что въ нихъ, между волокнами, содержится много воздуха, который почти не можетъ циркулировать. По этой же причинѣ свѣже выпавшій снѣгъ гораздо хуже проводитъ тепло, чѣмъ старый, слежавшійся.

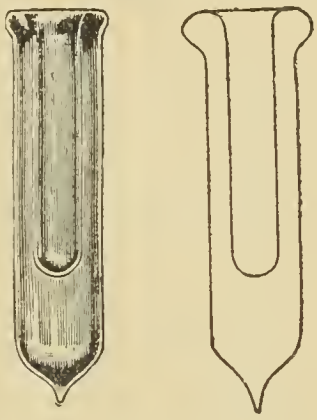


Рис. 13.

Во всѣхъ вышеописанныхъ случаяхъ тепло передавалось черезъ матерію, вещество. Наблюденія и опытъ, однако, показываютъ, что тепло можетъ передаваться и черезъ пустое, не заполненное веществомъ пространство. Въ этомъ случаѣ вещество является уже не посредникомъ для передачи тепла, а, наоборотъ, помѣхой, такъ какъ оно задерживаетъ передачу тепла. Откроемъ дверцу печи, и мы тотчасъ же почувствуемъ, какъ наше лицо и руки обжигаетъ. Стоитъ передъ лицомъ поставить листъ бумаги, и тотчасъ же жаръ прекращается. Слѣдовательно, тепло проистекаетъ не изъ окружающаго воздуха, а идетъ непосредственно изъ печи. Тепло это передается такъ же, какъ и свѣтъ, лучами, которые и называются *тепловыми лучами* или *лучистою теплотою*. Такъ какъ тепловые лучи представляютъ собою то же самое, что и свѣтовые лучи, то о нихъ рѣчь будетъ въ статьяхъ о «свѣтѣ», а мы здѣсь остановимся лишь на чрезвычайно важномъ случаѣ передачи теплоты лучами, представляемыми солнечнымъ свѣтомъ. Солнце и «свѣтитъ» и «грѣетъ». Тѣ предметы, на которые непосредственно падаютъ лучи солнца, и ярче освѣщаются и больше согрѣваются. Чтобы ослабить дѣйствіе солнечныхъ лучей на насъ, мы становимся въ тѣнь дерева или строенія, либо заслоняемъ себя зонтомъ.

Лучистая передача тепла играетъ громадную роль въ жизни нашей планеты. Почти вся энергія, имѣющаяся на земной по-

верхности, исходитъ отъ лучистой теплоты, получаемой отъ солнца. При посредствѣ солнечныхъ лучей возрастаютъ тѣ растенія, которыми питаются животныя и люди; растенія же, въ видѣ дровъ или каменнаго угля, которыми нагрѣваютъ котлы паровыхъ машинъ и приводятъ въ движенія поѣзда, пароходы, двигатели фабрикъ и заводовъ,—заливаютъ улицы и площади потоками электрическаго свѣта. Тепловые лучи согрѣваютъ почву земли, прилегающіе слои воздуха нагрѣваются и перемѣщаются, образуя вѣтеръ. Вѣтеръ огромный, хотя и не постоянный источникъ энергіи, которымъ въ подходящихъ случаяхъ человѣкъ пользуется для своихъ потребностей (вѣтряные двигатели, мельницы и пр.). Подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей поверхность океановъ и морей нагрѣвается. Образовавшіеся пары разносятся вѣтромъ по всему лицу земли и проливаются въ видѣ дождя, поддерживая ростъ растеній и животныхъ, питая ручьи и рѣки, стремнины и водопады, представляющіе изъ себя также мощный источникъ энергіи, которую человѣчество все больше и больше начинаетъ привлекать къ себѣ на службу. Прямо или косвенно, почти вся энергія, которая есть на нашей планетѣ, идетъ отъ солнца.

6. Теплота, какъ энергія. Законъ сохраненія энергіи.

Обычный способъ нагрѣванія тѣла состоитъ въ томъ, что его помѣщаютъ вблизи тѣлъ болѣе теплыхъ. Часть тепла тѣмъ или инымъ способомъ переходитъ отъ болѣе теплаго тѣла къ болѣе холодному, и послѣднее нагрѣвается. Существуетъ, однако, цѣлый рядъ случаевъ возникновенія тепла, когда это явленіе передачи тепла совершенно отсутствуетъ. Укажемъ на нѣкоторые такіе случаи. При распиливаніи дерева пила и дерево нагрѣваются. При вбиваніи гвоздя головка его нагрѣвается. Въ машинахъ съ быстро вращающимися колесами оси нагрѣваются. Послѣ прохода поѣзда рельсы оказываются нагрѣтыми. Если кусокъ свинца положить на наковальню и ударить по немъ нѣсколько разъ молотомъ—свинецъ сильно нагрѣется.

Это явленіе было извѣстно и первобытному человѣку, который умѣлъ добывать огонь отъ тренія другъ о друга двухъ кусковъ дерева. Дикарь выдалбливалъ въ одномъ кускѣ дерева углубленіе, другой кусокъ оттачивалъ и, вставивъ въ углубленіе, быстро вращалъ между ладонями рукъ. Черезъ нѣкоторое время сухое дерево нагрѣвалось до такой степени, что загоралось. Болѣе современное и близкое къ намъ «огниво», хотя и вытѣсняемое спичками, однако, встрѣчающееся еще въ глухихъ мѣстахъ Россіи, является видоизмѣненіемъ описаннаго перво-

бытнаго способа. Ударяя кускомъ стали по кремню, накаляютъ частицу его, которая падаетъ на легко воспламеняющуюся матерію и зажигаетъ ее. Наконецъ и спички приводятъ въ воспламененіе треніемъ; оно даетъ начальное нагрѣваніе, при которомъ можетъ уже начаться горѣніе, т.-е. соединеніе съ кислородомъ воздуха.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ теплота въ тѣлахъ появляется не отъ соприкосновенія съ другими болѣе теплыми тѣлами, а при движеніи тѣлъ другъ относительно друга: тѣла либо трутся другъ о друга, либо ударяются одно о другое. Если подробнѣе разобраться во всѣхъ такихъ случаяхъ, то мы увидимъ, что при этомъ всегда совершается работа, а, слѣдовательно, уменьшается запасъ энергіи у окружающихъ тѣлъ.

Рис. 14.

Приведемъ еще примѣръ этого:

Если газообразное тѣло какой-нибудь силою сжать и, слѣдовательно, совершить нѣкоторую работу, то оно нагрѣвается. Въ нагрѣваніи газа при его сжатіи можно убѣдиться при помощи опыта съ «поршневымъ огнивомъ». Толстостѣнная стеклянная трубка (рис. 14) съ одной стороны закрыта; съ другой стороны въ нее можетъ быть вставленъ плотно пригнанный поршень. Если въ трубку ввести какой-нибудь легко воспламеняющійся газъ, напримѣръ, пары сѣроуглерода или эѳира, и затѣмъ быстро и сильно вдавить поршень,— выдѣляется столько тепла, что газъ воспламеняется.

И здѣсь мы совершаемъ нѣкоторую работу, а въ результатѣ получается нѣкоторое количество тепла. Обычно же, когда мы совершаемъ нѣкоторую работу надъ какимъ-нибудь тѣломъ, то это тѣло пріобрѣтаетъ само способность произвести работу, пріобрѣтаетъ нѣкоторую энергію. Такъ, когда мы, заводя стѣнные часы, поднимаемъ гирю часовъ, эта гиря пріобрѣтаетъ энергію, позволяющую ей затѣмъ приводить стрѣлки часовъ въ движеніе,— пріобрѣтаетъ *энергію приподнятаго груза*. Если мы совершаемъ работу, преодолѣвая инерцію молотка и приводя его въ быстрое движеніе по горизонтальному направленію, то этотъ молотокъ пріобрѣтаетъ энергію — *энергію движущагося тѣла*, иначе называемую *энергію кинетическую*,—и можетъ вбить гвоздь въ стѣну. Если мы совершаемъ работу, заводя пружину карманныхъ часовъ, то она пріобрѣтаетъ энергію — *энергію упругости* — и можетъ приводить въ движеніе стрѣлки часовъ.

Разборъ подобныхъ случаевъ показываетъ, что при этомъ сколько одно тѣло потеряло энергіи, столько

энергіи другое тѣло пріобрѣло, т.-е. энергія какъ бы переходитъ отъ одного тѣла къ другому, не измѣняясь при этомъ по своей величинѣ.

Въ другихъ случаяхъ энергія не передается отъ даннаго тѣла къ другимъ, но только мѣняетъ свой видъ, свою форму, и все-таки остается неизмѣнною по величинѣ: сколько энергіи одного вида исчезло, столько энергіи другого вида получилось.

Разберемъ, какъ примѣръ, качаніе маятника, который представляетъ собою, напримѣръ, металлическій (желѣзный, мѣдный или свинцовый) шаръ, подвѣшенный на нити; другой конецъ нити прикрѣпленъ къ неподвижной стойкѣ (рис. 15). Въ состояніи покоя маятникъ будетъ занимать нѣкоторое положеніе A. Если мы его выведемъ изъ состоянія покоя и, давъ ему положеніе A_1, отпустимъ, то онъ вернется къ прежнему положенію A, но не остановится, а пройдетъ дальше до положенія A_2 и пойдетъ назадъ: маятникъ будетъ качаться вправо и влѣво, поднимаясь каждый разъ на одну и ту же высоту.

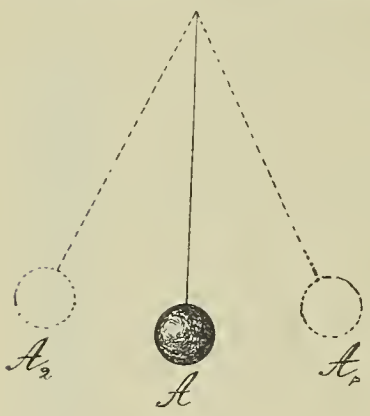


Рис. 15.

Когда маятникъ находится въ положеніи A_1 или A_2, то онъ обладаетъ нѣкоторымъ количествомъ энергіи приподнятаго груза. Если, напримѣръ, онъ вѣситъ 10 килограммовъ и поднятъ, сравнительно съ положеніемъ A, на $^1/_{20}$ метра, то эта энергія приподнятаго груза будетъ равна $10.^1/_{20} = ^1/_2$ килограммометра [1]). Когда шаръ опустился до положенія A, онъ уже не обладаетъ этою энергіею приподнятаго груза, но зато обладаетъ энергіею движущаго тѣла, которая можетъ приподнять его снова на ту же высоту, т.-е. совершить работу, равную $^1/_2$ килограммометра.

Слѣдовательно, энергія движущагося тѣла, какою обладаетъ маятникъ въ положеніи A, какъ разъ равна энергіи, какою онъ обладаетъ въ положеніи A_1 и A_2.

Разсмотрѣніе подобныхъ случаевъ привело къ признанію *закона сохраненія энергіи*, по которому энергія считается не создаваемой и не уничтожаемой. Сколько ея есть въ настоящее время, столько ея было раньше, столько будетъ и впредь.

Законъ сохраненія энергіи подобенъ *закону сохраненія вещества*, о которомъ болѣе подробно изложено въ отдѣлѣ «Химія».

---

[1]) О единицахъ мѣры работы и энергіи см. отдѣлъ «Механика».

По этому закону вещество или матерія не создаваема и не уничтожаема. Наука не допускаетъ возможности, чтобы малѣйшая частица матеріи возникла изъ ничего или обратилась въ ничто. Тѣла могутъ мѣнять свой видъ, форму, состояніе, мѣстонахожденіе въ пространствѣ, но количество матеріи остается неизмѣннымъ. Точно такъ же энергія можетъ только мѣнять свое мѣсто, свою форму или видъ, но уничтожиться не можетъ, какъ и не можетъ возникнуть изъ ничего.

Какъ же примирить съ этимъ закономъ сохраненія энергіи тѣ явленія, которыя мы привели въ началѣ этой статьи? Молотокъ, который кузнецъ поднялъ надъ головою и который обладалъ въ это время энергіею приподнятаго груза, падая внизъ, пріобрѣтаетъ энергію движущагося тѣла, какъ за счетъ потери своей энергіи приподнятаго груза, такъ и за счетъ энергіи кузнеца. Когда же молотокъ ударяется о кусокъ свинца, лежащій на наковальнѣ, вся эта энергія движущагося тѣла исчезаетъ, а взамѣнъ этого проявляется нѣкоторое количество тепла.

Если признать законъ сохраненія энергіи, то естественно задать себѣ вопросъ, да не является ли теплота тоже однимъ изъ видовъ энергіи? Не можетъ ли нагрѣтое тѣло, теряя теплоту, охлаждаясь, совершать работу? И въ самомъ дѣлѣ наблюденія и опыты показываютъ, что это—такъ. При сжатіи газа онъ нагрѣвается, но если дать этому сжатому газу расшириться, онъ совершаетъ работу, толкая поршень, и при этомъ охлаждается. Весьма обычнымъ въ нашъ «вѣкъ пара» примѣромъ такого перехода *тепловой энергіи* въ работу являются паровыя машины, которыя мы можемъ видѣть на любомъ заводѣ или фабрикѣ. Нагрѣвая паръ въ котлѣ паровой машины, сообщаютъ ему тепловую энергію; приводя паръ къ поршню цилиндра попеременно съ одной и съ другой стороны, даютъ ему возможность давленіемъ своимъ приводить въ движеніе поршень, который полученную имъ энергію передаетъ остальнымъ частямъ машины, а паръ, совершая эту работу, охлаждается, теряетъ часть полученной имъ теплоты.

Итакъ, теплота — одинъ изъ видовъ энергіи. Въ такомъ случаѣ, между тепловою энергіей и другими видами энергіи, напримѣръ, энергіею приподнятаго груза, должно существовать нѣкоторое соотношеніе, нѣкоторая количественная зависимость. Если тепловая энергія можетъ совершать работу, какъ и всякая другая энергія, то между ними должна существовать количественная связь, которая давала бы возможность узнать, сколько тепловой энергіи можно получить изъ такого-то количества работы, и, наоборотъ, если бы можно было одинъ видъ энергіи

цѣликомъ перевести въ другой. Эта связь должна давать возможность отвѣтить на вопросъ: сколькимъ единицамъ работы равна одна единица теплоты? — Для того, чтобы яснѣе представить себѣ вопросъ, обратимся къ такому сравненію. У всѣхъ народовъ находятся въ обращеніи деньги, но монеты, въ которыхъ деньги выражаются, различны у разныхъ народовъ. Для того, чтобы деньги, выраженныя, напримѣръ, въ русской монетной единицѣ, умѣть перевести на французскія деньги, надо знать, сколькимъ французскимъ монетнымъ единицамъ равна одна русская. И если мы знаемъ, что 1 рубль равенъ $2\frac{2}{3}$ франкамъ, мы любую сумму русскихъ денегъ выразимъ во французскихъ единицахъ и обратно.

Что такое единица теплоты, мы уже знаемъ (ст. 3). За единицу количества теплоты принимаютъ *калорію*, такое количество теплоты, какое нужно употребить для того, чтобы 1 граммъ воды нагрѣть на 1° Цельсія, или *большую калорію*, которою можно 1000 граммовъ (килограммъ) воды нагрѣть на 1° Ц.

Но что принять за единицу работы? Вѣдь работа такъ разнообразна. Совершаютъ работу, когда поднимаютъ грузъ на нѣкоторую высоту, преодолѣвая силу тяжести; совершаютъ работу, когда пилятъ, рубятъ или обтачиваютъ предметъ; производится работа, когда теплый воздухъ съ поверхности земли поднимается вверхъ; производятъ работу всякаго рода машины, двигатели; совершаетъ работу вода, плавно текущая по дну рѣки или стремительно ниспадающая съ утеса, образуя водопадъ. Мы уже видѣли, что всѣ эти разнообразные виды работы мы сводимъ къ одной основной работѣ, принимая за единицу работы, напримѣръ, работу въ 1 килограммометръ или въ 1 пудо-футъ.

Итакъ, поставленный выше вопросъ о количественной связи между энергіей тепловой и другими перечисленными видами энергіи, называемыми общимъ именемъ *энергіи механической*, можно выразить такъ: сколькимъ килограммометрамъ работы равна 1 большая калорія?

Чтобы рѣшить этотъ вопросъ, англійскій ученый Джоуль придумалъ такой приборъ (рис. 16 и 17). Латунный цилиндръ снабженъ внутри перегородками съ вырѣзами. На латунный цилиндръ надѣвается крышка, черезъ средину которой проходитъ ось съ прикрѣпленными къ ней крыльями, при чемъ крыльямъ придана такая форма, чтобы они при вращеніи оси проходили въ прорѣзахъ перегородокъ. Рис. 17 представляетъ разрѣзъ сосуда. Ось, проходящая черезъ крышку сосуда, соединена съ валомъ *t*, (рис. 16), на этотъ валъ намотана веревка, концы которой навиты

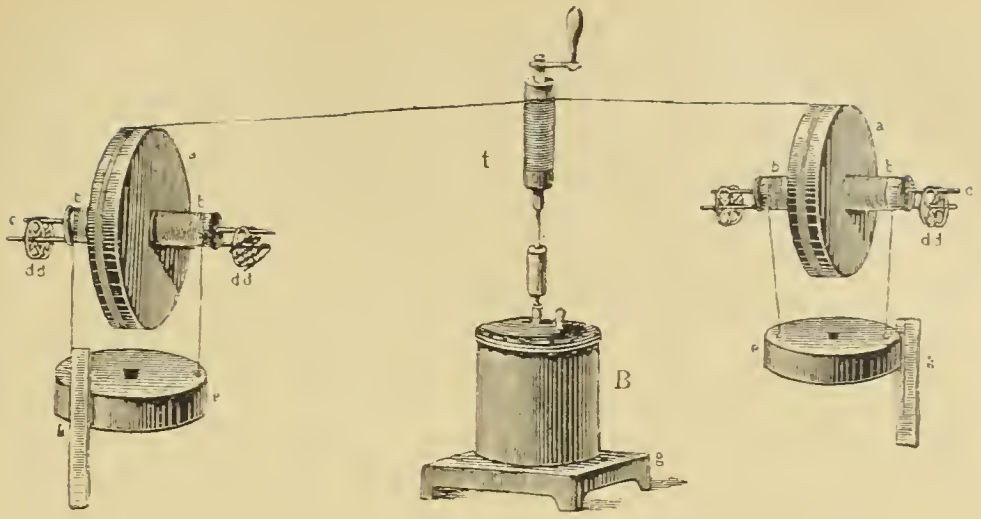


Рис. 16.

на валы a и a. На тѣхъ же валахъ навита веревка, поддерживающая грузы e и e. Въ сосудъ B наливается вода, температура которой измѣряется термометромъ, вставляемымъ въ отверстіе крышки сосуда. Если грузы приподняты, какъ это изображено на рисункѣ, и если теперь отпустить рукоятку на валу t, то грузы начинаютъ падать, заставляя вращаться валы a и a, вслѣдствіе чего веревка съ вала t начинаетъ сматываться, и валъ t начинаетъ вращаться. Благодаря присутствію перегородокъ b внутри сосуда (рис. 17), это вращеніе сильно замедляется треніемъ крыльевъ a въ водѣ. Грузы опускаются плавно и медленно и, коснувшись пола, очень слабо ударяютъ объ него; такимъ образомъ почти вся механическая энергія падающихъ грузовъ, равная, какъ мы знаемъ, произведенію ихъ вѣса на пройденный ими путь, уходитъ на преодолѣваніе тренія въ водѣ, слѣдствіемъ этого является нагрѣваніе воды въ сосудѣ, устанавливаемое съ помощью термометра. Зная количество воды въ сосудѣ и массу самаго сосуда и зная теплоемкость воды и латуни, мы можемъ опредѣлить, сколько калорій тепла получилось отъ механической работы, произведенной падавшими грузами.

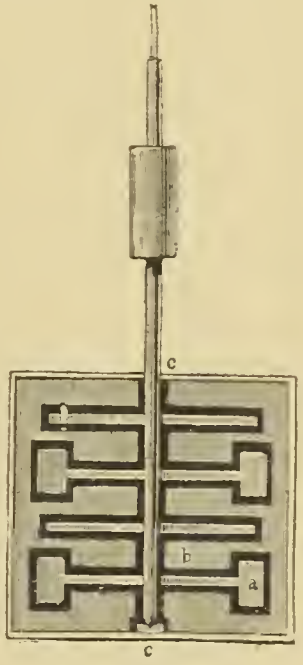


Рис. 17.

Изъ такихъ опытовъ получается, что одной большой калоріи теплоты соотвѣтствуетъ 425 килограммометровъ работы. Число 425, показывающее,

сколькимъ единицамъ работы равна одна единица теплоты, называется *механическимъ эквивалентомъ теплоты*.

Механическій эквивалентъ теплоты можетъ быть опредѣленъ не только вышеуказаннымъ способомъ. Ученые употребляли для его опредѣленія большое число самыхъ разнообразныхъ пріемовъ, и въ результатѣ всѣхъ изслѣдованій получались очень близкія другъ къ другу числа—около 425.

Разъ мы признали теплоту за видъ энергіи, мы можемъ еще лучше разбираться въ различныхъ явленіяхъ и убѣждаться на всѣхъ нихъ въ законѣ сохраненія энергіи. Прослѣдимъ, напримѣръ, далѣе за качаніями маятника. Мы замѣтимъ, что съ теченіемъ времени размахи будутъ становиться все меньше и меньше, и, наконецъ, маятникъ остановится. Можно было бы, слѣдовательно, подумать, что энергія, сообщенная маятнику, потеряна, уничтожилась. Дѣло обстоитъ, однако, не такъ. Во все время движенія маятникъ долженъ былъ преодолѣвать сопротивленіе воздуха, который онъ разсѣкалъ, долженъ былъ преодолѣвать треніе нити и подвѣса, и на преодолѣваніе этихъ сопротивленій и разошлась *по частямъ* вся сообщенная маятнику энергія, обратившись въ тепловую. Въ безвоздушномъ пространствѣ маятникъ качается гораздо больше и качался бы безконечно долго, если бы ему не приходилось тратить по частямъ энергіи на преодолѣніе тренія, которое всегда переводитъ энергію движущихся тѣлъ въ энергію тепловую.

Общее же количество механической и тепловой энергіи во всякій моментъ качанія маятника—то же, какъ и въ начальный моментъ, то же, какъ и по окончаніи его качаній.

Подобно этому, вода, текущая въ рѣкахъ и падающая въ водопадахъ, теряетъ при опусканіи внизъ свою энергію, теряетъ ее на преодолѣніе «внутренняго» тренія между различными ея слоями, теряетъ ее въ томъ смыслѣ, что эта энергія превращается въ тепловую: вода, опустившись на 425 метровъ, становится на 1° теплѣе. Между тѣмъ, если заставить эту воду совершать работу, напримѣръ, въ водяной мельницѣ или на фабрикахъ, гдѣ устанавливаютъ для того особыя *водяныя турбины*, то энергія поднятаго груза идетъ на это, и перехода въ тепловую энергію не происходитъ.

Умъ человѣка не удовлетворяется тѣмъ, что находитъ извѣстныя законности въ наблюдаемыхъ явленіяхъ, а хочетъ проникнуть въ тайны природы, въ глубь явленій. Такъ и, изучая теплоту, наука не удовлетворилась найденными соотношеніями, но старалась отвѣтить на вопросъ, что такое теплота. Если бы теплота получалась только путемъ передачи отъ одного тѣла

къ другому, можно было бы думать, что теплота есть какое-то вещество, правда, невидимое, невѣсомое (такъ какъ тѣло при нагрѣваніи или охлажденіи не мѣняется въ вѣсѣ), однако осязаемое. Такъ одно время и думали. Однако то обстоятельство, что тѣла нагрѣваются при ударѣ, треніи, сжиманіи и т. д., противорѣчитъ этому предположенію. Вѣдь въ самомъ дѣлѣ, откуда взялась бы эта матерія-теплота, когда мы ударяемъ молотомъ по свинцу? Откуда появилась бы теплота при распиливаніи пилой дерева? Выходило бы такъ, что теплота-матерія возникала бы изъ ничего. А это противорѣчило бы закону сохраненія вещества. Отвѣтъ, который современная наука даетъ на вопросъ, что такое теплота, тѣсно связанъ съ современными взглядами на строеніе вещества. Соотвѣтственно этимъ взглядамъ—такъ называемой молекулярной гипотезѣ—вещество предполагается не сплошнымъ, а состоящимъ изъ громаднаго числа мельчайшихъ частицъ (молекулъ), находящихся на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга. Силы сцѣпленія стремятся удержать частицы на одномъ и томъ же взаимномъ разстояніи.

Въ твердыхъ тѣлахъ силы сцѣпленія настолько велики, что очень трудно приблизить, удалить или вообще перемѣстить частицы ихъ другъ относительно друга. Въ жидкихъ тѣлахъ силы сцѣпленія меньше, и частицы легко перемѣщать другъ относительно друга, но трудно еще приближать другъ къ другу. Въ газахъ же силы сцѣпленія настолько малы, что частицы можно считать почти свободными. На ослабленіе силъ сцѣпленія при переходѣ изъ твердаго состоянія въ жидкое, а изъ жидкаго состоянія въ газообразное требуется затрата извѣстнаго количества энергіи — теплоты плавленія и теплоты испаренія.

Для того, чтобы объяснить, что такое теплота, къ этой гипотезѣ дѣлаютъ дополненіе, гласящее, что частицы тѣла находятся не въ покоѣ, а непрерывно движутся. Въ твердыхъ тѣлахъ каждая изъ частицъ безпрерывно колеблется, движется около одного и того же мѣста, почти не удаляясь въ стороны. Въ жидкихъ эти движенія предполагаются болѣе разнообразными, а въ газахъ частицы движутся съ громадными скоростями по всевозможнымъ направленіямъ. Непзмѣнною при данной температурѣ является средняя скорость этихъ движеній, и нагрѣваніе тѣла заключается въ томъ, что частицы тѣла начинаютъ двигаться быстрѣе, такъ что тепловая энергія есть не что иное, какъ кинетическая энергія движущихся частицъ тѣла.

Если смотрѣть на теплоту, какъ на энергію движущихся частицъ тѣла, то становится понятнымъ, почему тѣла отъ удара, тренія и тому подобныхъ причинъ нагрѣваются. Движеніе тѣла, какъ цѣлаго, являющееся причиной удара, тренія и т. п., вызываетъ усиленное движеніе частицъ тѣла, — другими словами, тѣло нагрѣвается. Далѣе легко объяснить, почему теплота передается отъ болѣе теплаго тѣла къ болѣе холодному. Когда мы касаемся теплымъ тѣломъ холоднаго, то частички теплаго тѣла, прилегающія къ холодному тѣлу, вслѣдствіе того, что онѣ движутся быстрѣе, заставляютъ болѣе медленно движущіяся частицы холоднаго тѣла двигаться быстрѣе. Такая передача усиленно-быстраго движенія длится до тѣхъ поръ, пока всѣ частички соприкасающихся тѣлъ не начинаютъ двигаться во всѣ стороны одинаково быстро.

Въ статьѣ объ измѣненіи объема при нагрѣваніи мы указывали на то, что большинство тѣлъ при нагрѣваніи *расширяется*. И это объяснимо съ точки зрѣнія, что «теплота есть движеніе частицъ». Когда тѣло нагрѣвается, частицы его начинаютъ сильнѣе колебаться, а при большемъ размахѣ колебанія частицъ требуется мѣста больше, чѣмъ прежде; частицы расходятся, и въ результатѣ тѣло расширяется. При охлажденіи происходитъ обратное явленіе. Если существуютъ тѣла, которыя при нагрѣваніи сжимаются, то это приходится объяснить какимъ-нибудь особеннымъ расположеніемъ ихъ частицъ.

Такимъ образомъ, при современной точкѣ зрѣнія на вещество и на теплоту, всѣ тѣла состоятъ изъ скопленія громаднаго числа мельчайшихъ частицъ, быстро движущихся по всевозможнымъ направленіямъ, какъ бы прикованныхъ къ своимъ мѣстамъ въ тѣлахъ твердыхъ, болѣе или менѣе свободныхъ въ тѣлахъ жидкихъ и свободныхъ въ тѣлахъ газообразныхъ.

Звукъ.

7. Источники звука.

Ученіе о звукѣ представляетъ особый интересъ въ томъ отношеніи, что, воспринимая какое-либо звуковое ощущеніе, мы въ состояніи въ точности указать и описать явленія внѣшняго міра, которыя вызываютъ въ насъ слуховое ощущеніе. Въ другихъ отдѣлахъ физики мы можемъ только дѣлать предположенія о томъ, что происходитъ во внѣшнемъ мірѣ, когда мы получаемъ то или другое впечатлѣніе, а въ ученіи о звукѣ — *акустикѣ* — мы можемъ обойтись безъ всякихъ предположеній.

Какія же особенности различаемъ мы въ слышимыхъ нами звукахъ? Такъ какъ эти особенности—особенности въ нашихъ ощущеніяхъ, то ихъ словами разсказать нельзя, и человѣкъ, никогда не ощущавшій этихъ особенностей, напр., глухорожденный, и не можетъ понять, въ чемъ здѣсь дѣло. Поэтому, чтобы познакомить съ научными названіями этихъ особенностей звуковъ, приведу такіе опыты, которые каждому либо уже извѣстны, либо легко могутъ быть сдѣланы каждымъ и въ которыхъ получаются звуки съ этими особенностями.

Вколотите въ деревянную доску два довольно большихъ гвоздя, возьмите веревочку, привяжите ее къ верхушкамъ гвоздей—а еще лучше будетъ, если достанете для этого струну—такъ, чтобы она была крѣпко натянута, или возьмите какой-нибудь настоящій *струнный инструментъ:* гитару, балалайку, скрипку. Дерните вашу струну сначала слегка, затѣмъ дерните еще разъ, оттянувъ ее побольше. Различіе въ тѣхъ двухъ звукахъ, которые вы услышите, называется различіемъ звука по *силѣ*.

Выстругайте кусокъ дерева такъ, чтобы онъ кончался сверху довольно острымъ краемъ и былъ вышины чуть большей разстоянія между доскою и веревочкою, и подставьте такую «кобылку» подъ какое-нибудь мѣсто веревочки, или струны, отдѣливъ тѣмъ часть ея и какъ бы укоротивъ ее. Если же у васъ въ рукахъ струнный инструментъ, то такого же укороченія вы достигнете, прижавъ струну пальцемъ къ одной изъ имѣющихся для этого перекладинокъ. Дерните теперь струну, и вы услышите иной звукъ, чѣмъ тотъ, который давала струна цѣлая. Такой звукъ называется *болѣе высокимъ* сравнительно съ звукомъ цѣлой струны, и, постепенно укорачивая струну, можно получать все болѣе и болѣе высокіе звуки. Тому, кто никогда не различалъ такой разницы въ *высотѣ* звуковъ, нельзя выяснить это различіе иначе, какъ какимъ-нибудь опытомъ подобнаго рода.

Попробуйте пропѣть звукъ той же высоты вашимъ голосомъ или произвести звукъ той же высоты на другомъ инструментѣ, напр., на гармоникѣ или свирѣли. Вы получите тотъ же звукъ, но другого *оттѣнка*.

Но, кромѣ звуковъ, въ которыхъ ухо можетъ легко или съ нѣкоторымъ трудомъ уловить высоту, есть звуки, въ которыхъ высоту уловить нельзя. Въ звукѣ колокола, звукѣ связки ключей, въ звукѣ, который издаетъ деревянный брусочекъ, упавшій на полъ, даже въ скрипѣ двери, въ звукѣ распиливаемаго куска дерева, въ звукѣ, получающемся при проведеніи ногтемъ по бумагѣ, въ завываніи вѣтра, въ звукахъ, которые мы слышимъ когда человѣкъ произноситъ одну изъ гласныхъ или одну изъ

плавныхъ согласныхъ—*л, м, н. в*—мы можемъ различить высоту. Такіе звуки называются *музыкальными звуками*, или *тонами*. Но въ ударѣ молотка по камню, въ шумѣ толпы, въ трескѣ раскалываемаго дерева, въ звукѣ выстрѣла, въ звукахъ *б. т, к*—высоты не уловить, и такіе звуки называются *немузыкальными*, или *шумами*. Раздѣленіе на тоны и шумы не можетъ быть проведено строго, потому что ухо одного человѣка можетъ замѣтить высоту въ такомъ тонѣ, въ какомъ ухо другого человѣка ничего, кромѣ шума, не обнаружитъ, и можно, въ сущности, только указать типичныхъ представителей тоновъ и шумовъ, подобно тому, какъ можно указать типичныхъ великановъ, людей средняго роста и карликовъ, но насчетъ многихъ можно сомнѣваться, куда ихъ причислить.

Замѣчу, что чѣмъ меньшій промежутокъ времени длится звукъ, тѣмъ труднѣе уловить его высоту. Поэтому можно считать, что всякій шумъ представляетъ собою очень кратковременный тонъ или сочетаніе многихъ подобныхъ тоновъ. Въ виду этого достаточно ограничиться изученіемъ типичныхъ тоновъ, тѣмъ болѣе, что ихъ можно вообще издавать произвольно долго и потому гораздо удобнѣе изучать.

Если мы слышимъ звукъ, то мы всегда можемъ найти вещественное тѣло, которое издаетъ этотъ звукъ и которое называется *источникомъ звука*. Остановимся сначала на изученіи такихъ источниковъ звука, которые представляютъ собою твердыя тѣла; такими источниками будутъ, напр.. струны, камертонъ, колокола и колокольчики.

Всякій такой источникъ звука не издаетъ, однако, никакого тона, пока мы не приведемъ его въ звучаніе. Самый обычный способъ приведенія въ звучаніе—отклонить часть тѣла ударомъ или оттягиваніемъ отъ ея обычнаго положенія, называемаго положеніемъ *равновѣсія*, и затѣмъ отпустить ее. Послѣ этого, какъ легко непосредственно видѣть на струнѣ, не только эта часть тѣла, но и всѣ остальныя приходятъ въ *колебаніе*, и тѣло начинаетъ издавать звукъ. Прекратятся колебанія—и звукъ прекращается.

Чтобы понять яснѣе, что происходитъ съ тѣлами, когда они звучатъ, нужно разсмотрѣть, какъ происходятъ колебанія каждой части тѣла и какъ эти колебанія передаются другимъ частямъ тѣла.

Возьмемъ, напр., тонкую длинную линейку, одинъ конецъ прикрѣпимъ или прижмемъ большимъ грузомъ къ краю стола, а къ свободному концу прикрѣпимъ тоже небольшой грузъ. Отклонимъ этотъ конецъ, напр., внизъ и отпустимъ. Подъ влія-

ніемъ силъ упругости грузъ двинется къ положенію равновѣсія, но съ разбѣгу,—другими словами, по инерціи,— перейдетъ это положеніе и станетъ двигаться въ другую сторону. Этому движенію въ другую сторону силы упругости будутъ препятствовать, и чрезъ нѣкоторое время, очень небольшое, грузъ остановится и пойдетъ обратно. При этомъ движеніи онъ снова перейдетъ положеніе равновѣсія, снова отклонится въ другую сторону, и если бы не было тренія и сопротивленія воздуха, то онъ, разъ будучи приведенъ въ такое *колебательное* движеніе, совершалъ бы его вѣчно.

Чѣмъ больше грузъ, приводимый въ движеніе, тѣмъ больше будетъ *время колебанія* его или, иначе, *періодъ колебанія*.—время, въ теченіе котораго онъ успѣваетъ пройти отъ одного крайняго положенія своего до другого и обратно. Съ другой стороны, чѣмъ короче оставимъ мы длину свободнаго куска линейки, тѣмъ меньше будетъ время колебанія. Отъ величины же размаха—отъ *амплитуды* колебанія—время колебанія не зависитъ.

Мы уже видѣли, что, оттягивая струну меньше или больше и отпуская ее затѣмъ, мы получаемъ звукъ меньшей или большей силы. Такимъ образомъ сила звука даннаго источника звука зависитъ отъ амплитуды колебанія.

Чтобы разобрать, отчего зависитъ высота тона, возьмемъ вмѣсто тонкой деревянной линейки продолговатый кусокъ тонкаго картона, напр., такого, какой берутъ для визитныхъ карточекъ, придавимъ одинъ конецъ его грузомъ къ столу и ударимъ какою-нибудь палочкою по другому концу. Кусокъ картона, какъ и деревянная линеечка, придетъ въ колебаніе, но мы не только увидимъ эти колебанія, но и услышимъ звукъ. Тонъ, издаваемый картономъ, будетъ тѣмъ выше, чѣмъ меньше длина свободнаго куска его. Такъ какъ при уменьшеніи длины свободнаго куска картона время колебанія уменьшается, то отсюда ясно, что тонъ тѣмъ выше, чѣмъ меньше время колебанія источника звука.

8. Колебанія ряда частицъ.

Разсмотримъ теперь рядъ частицъ A_1 *Б*, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *Ж*, *З*, *И* (рис. 18—26), которыя связаны силами упругости и первую изъ которыхъ мы заставляемъ совершать колебательное движеніе.

Если мы потянемъ первую частицу, напр., вверхъ, то она вскорѣ начнетъ тянуть вверхъ частицу *Б*, которая, сопротивляясь силою своей инерціи, все же чрезъ нѣкоторое время станетъ двигаться вверхъ (рис. 19). Когда частица *А* дойдетъ до своего крайняго отклоненія вверхъ (рис. 20), частица *Б* еще не успѣетъ дойти до такого положенія; поднимаясь вверхъ, частица

Б будетъ тянуть вверхъ третью частицу, которая тоже понемногу начнетъ двигаться вверхъ.

Затѣмъ частица *А* начнетъ возвращаться обратно, и, когда она уже пройдетъ нѣкоторый кусокъ внизъ и займетъ положеніе A_4(рис. 21), частица *Б* будетъ занимать крайнее верхнее положеніе $Б_3$, частица *В* будетъ двигаться вверхъ, но не дойдетъ еще до самаго верха, а частица *Г* только начнетъ двигаться вверхъ.

Когда *А* дойдетъ до положенія равновѣсія (рис. 22), *Б* будетъ еще итти внизъ, *В* будетъ на самомъ верху, *Г* будетъ еще подниматься наверхъ, а *Д* только начнетъ двигаться.

Точно такъ же можно прослѣдить, какъ будутъ расположены частицы и какъ будутъ онѣ двигаться, когда частица *А* будетъ двигаться внизъ (рис. 23), когда она достигнетъ крайняго нижняго положенія (рис. 24), когда она будетъ возвращаться назадъ, двигаясь вверхъ (рис. 25), и, наконецъ, когда она, двигаясь вверхъ, будетъ въ положеніи равновѣсія (рис. 26).

Если сравнимъ рис. 18—26, то увидимъ, что постепенно приходитъ въ колебаніе все большее и большее число частицъ, или, другими словами, что постепенно колебательное движеніе передается все дальше и дальше. Каждая послѣдующая частица начинаетъ при этомъ совершать вполнѣ такое же движеніе, какъ предыдущая, но нѣсколько позже. Нѣкоторая частица *И*, въ нашемъ примѣрѣ, начинаетъ свое первое колебаніе въ тотъ моментъ, какъ частица *А* начинаетъ свое второе колебаніе, и будетъ поэтому дальше все время двигаться совершенно такъ же, какъ частица *А*. Разстояніе — считаемое по прямой линіи—между такими двумя частицами, которыя все время находятся въ одинаковой *фазѣ* движенія, называется *длиною волны*. Ясно, что за то время, какъ первая частица совершитъ одно колебаніе, колебательное движеніе успѣетъ распространиться на одну длину волны. Когда частица *А* совершитъ два колебанія, частица *И* успѣетъ совершить одно колебаніе, и отъ нея колебательное движеніе успѣетъ передаться до частицы, отстоящей еще на одну длину волны, такъ что все колебательное движеніе распространится на двѣ длины волны и т. д. Замѣчу, что передается по ряду частицъ самое движеніе частицъ, каждая же частица остается на мѣстѣ или, вѣрнѣе, движется вверхъ и внизъ около своего обычнаго мѣста.

Если за единицу времени первая частица совершитъ N колебаній, то успѣетъ образоваться столько же волнъ, и колебательное движеніе передастся на разстояніе, равное столькимъ же длинамъ волнъ. Это разстояніе измѣряетъ собою *скорость распро-*

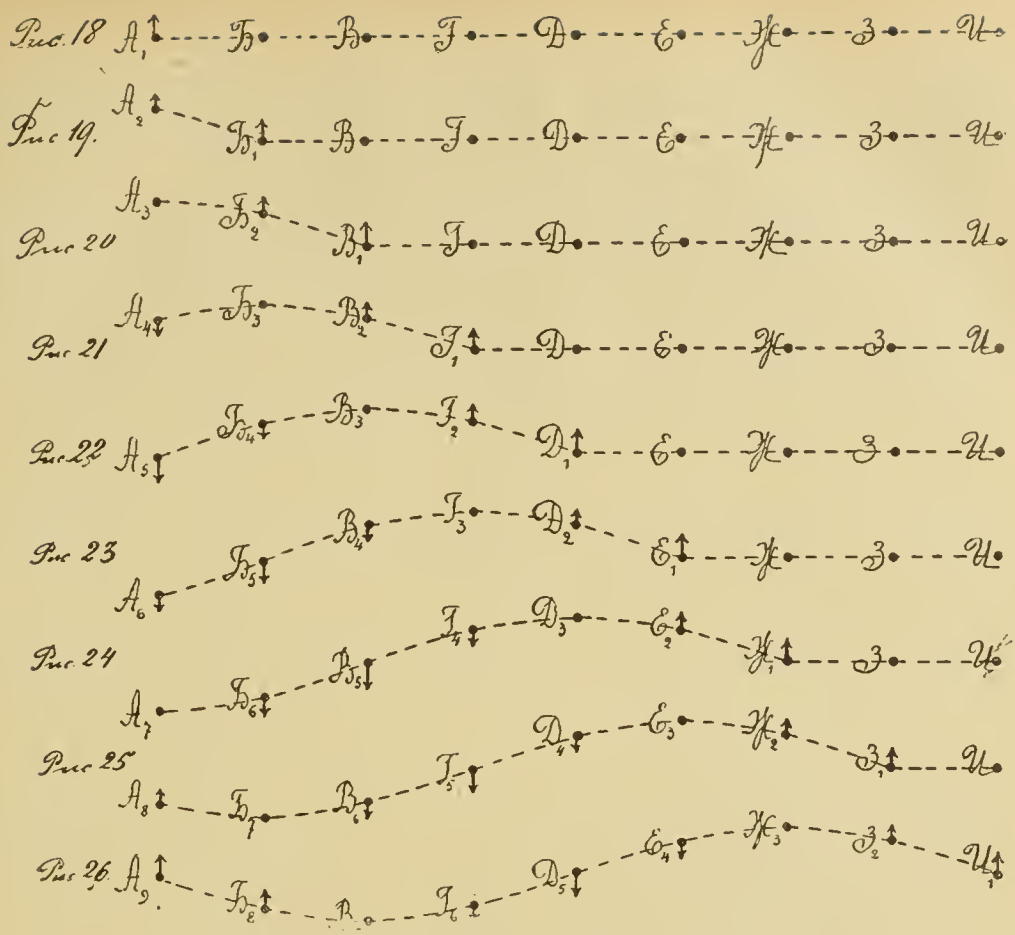


Рис. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26.

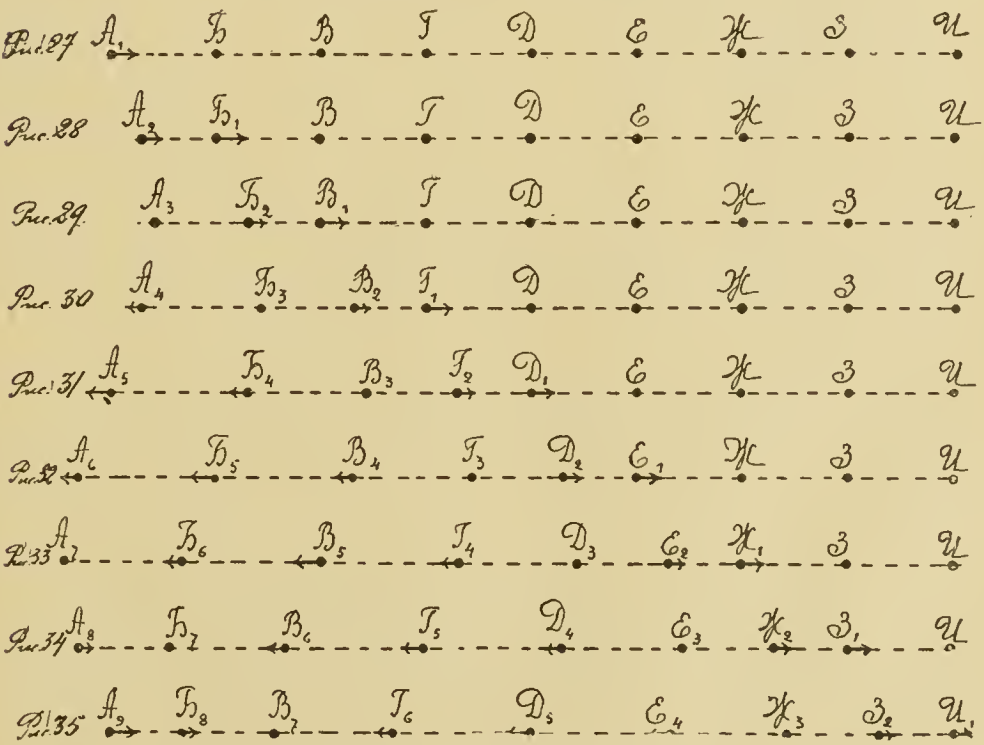


Рис. 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35.

страненія волнъ, такъ что скорость распространенія волнъ равна произведенію длины волны на число колебаній въ единицу времени.

Подобное распространеніе волнъ можно легко замѣтить, если оно происходитъ достаточно медленно, и, напр., съ нимъ можно хорошо познакомиться, если взять длинную довольно толстую веревку, положить ее на полу и сообщить одно или нѣсколько колебаній одному ея концу.

Если же веревка подвѣшена. то легко замѣтить еще любопытное явленіе: волна, добѣжавъ до конца, *отражается* и начинаетъ бѣжать обратно. Съ веревкой же, разложенной на полу, этого не выходитъ, такъ какъ тогда веревка испытываетъ большое треніе и колебанія доходятъ до другого конца значительно ослабленными.

Мы разсматривали пока колебанія *поперечныя*, при которыхъ каждая частица движется около своего положенія равновѣсія туда и назадъ, но перпендикулярно къ направленію распространенія колебаній. Совершенно такъ же передаются, распространяются и совершенно такъ же отражаются колебанія *продольныя*. при которыхъ каждая частица движется около своего положенія равновѣсія туда и назадъ по тому же направленію, по какому распространяются колебанія. Вмѣсто того, чтобы разбирать, какъ происходитъ передача колебаній въ этомъ случаѣ, ограничимся приведеніемъ рисунковъ 27—35, совершенно подобныхъ рис. 18—26, но относящихся къ колебаніямъ продольнымъ. Здѣсь за время одного колебанія первой частицы успѣваетъ тоже образоваться одна волна, состоящая изъ *сгущенія* и *разрѣженія*. и эти сгущенія и разрѣженія передаются другъ за другомъ по ряду частицъ, между тѣмъ, какъ самыя частицы лишь колеблются около своихъ положеній равновѣсія, и каждая послѣдующая частица начинаетъ свое движеніе нѣсколько позже, чѣмъ первая.

Подобно распространенію колебательнаго движенія по ряду частицъ, распространяется оно во всѣ стороны по поверхности или по средѣ. Бросьте камень въ воду: онъ выдавитъ вокругъ себя какъ бы валикъ, и это возвышеніе станетъ распространяться во всѣ стороны отъ мѣста паденія камня, сопровождаясь рядомъ послѣдующихъ пониженій и повышеній. Оттяните струну и отпустите ее: возвращаясь въ положеніе равновѣсіе, она сожметъ предъ собою воздухъ, а, возвращаясь обратно, образуетъ сзади себя разрѣженіе, и эти сжатія и разрѣженія будутъ распространяться отъ струны во всѣ стороны. Разница между распространеніемъ колебаній по ряду частицъ и распространеніемъ

ихъ по поверхности или по средѣ, въ сущности, только въ томъ, что въ послѣднихъ двухъ случаяхъ число частицъ, которымъ передалось данное колебаніе, становится по мѣрѣ распространенія этого колебанія все больше и больше, какъ показываетъ, напр., рис. 36,—и отъ того размахъ частицъ, амплитуда ихъ колебаній становится все меньше и меньше.

Вернемся опять къ ряду частицъ и посмотримъ, что будетъ съ этими частицами, когда по этому ряду бѣгутъ волны въ одномъ направленіи—прямыя—и въ другомъ направленіи—отраженныя.

Какъ теоретическое разсмотрѣніе, такъ и прямое наблюденіе показываютъ, что при наличности прямой и отраженной волнъ есть рядъ частицъ, которыя постоянно будутъ оттягиваться прямою волною въ одну сторону, а отраженною волною—съ такою же силою въ другую сторону, и будутъ поэтому постоянно находиться въ положеніи равновѣсія. Такія точки ряда частицъ называются *узловыми точками* или *узлами*.

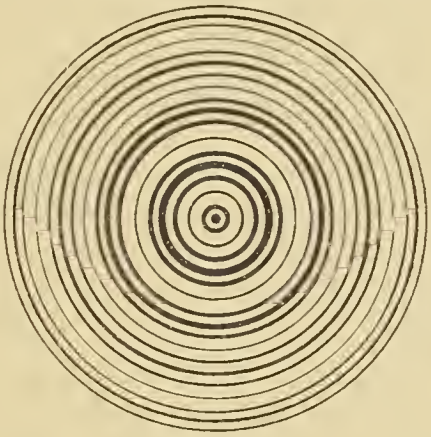


Рис. 36.

Всѣ же частицы, находящіяся между двумя послѣдовательными узлами, будутъ двигаться въ каждый моментъ всѣ въ одну сторону и будутъ совершать колебательныя движенія, которыя будутъ отличаться только размахомъ. Наибольшая амплитуда будетъ у частицъ, лежащихъ посрединѣ между двумя послѣдовательными узлами. Такія точки ряда частицъ, гдѣ приходятся частицы, совершающія колебанія съ наибольшимъ размахомъ, называются *пучностями*.

Два послѣдовательныхъ узла или двѣ послѣдовательныхъ пучности должны лежать другъ отъ друга на разстояніи половины длины волны, а слѣдовательно, послѣдовательные узелъ и пучность должны лежать другъ отъ друга на разстояніи четверти длины волны.

Такого рода движеніе ряда частицъ называется *стоячими* или *стоящими волнами*, такъ какъ при немъ нѣкоторыя частицы, находящіяся въ узлахъ, стоятъ на мѣстѣ; волны же, распространяющіяся по ряду частицъ, называются, въ отличіе отъ стоящихъ, *бѣгущими волнами*.

Все, что мы говорили, пока относится къ стоящимъ поперечнымъ волнамъ, но все это вѣрно и по отношенію къ стоящимъ продольнымъ волнамъ.

9. Колебанія источниковъ звука.

Если вы хотите ближе познакомиться со стоячими волнами, что очень важно для пониманія того, какъ тѣла издаютъ звуки,— привяжите одинъ конецъ длинной веревки къ чему-нибудь неподвижному, а другому сообщайте рядъ поперечныхъ колебаній. Отъ каждаго колебанія побѣжитъ по веревкѣ поперечная волна, отразится отъ другого конца, побѣжитъ обратно, встрѣтится съ послѣдующими посланными вашею рукою волнами,—и на веревкѣ можетъ образоваться стоячая волна. Чтобы такая волна образовалась, нужно, чтобы длина посылаемой вашею рукою волны была въ соотвѣтствіи съ длиною веревки, а именно, чтобы на обоихъ концахъ веревки было по узлу, такъ какъ оба конца должны быть неподвижными. Въ самомъ дѣлѣ, хоть конецъ веревки, находящійся въ рукѣ, и совершаетъ колебанія, но размахи тутъ малы сравнительно съ размахами другихъ точекъ, и рука только поддерживаетъ колебанія, которыя иначе скоро бы затухли отъ тренія. Такъ какъ разстояніе между двумя послѣдовательными узлами равно половинѣ длины волны, то длина веревки должна заключать въ себѣ какъ разъ цѣлое число полуволнъ, т.-е. длина веревки должна равняться либо одной половинѣ длины волны, — тогда она будетъ колебаться такъ, какъ изображено на рис. 37, либо двумъ половинамъ длины волны,—тогда она будетъ колебаться такъ, какъ изображаетъ рис. 38, либо тремъ половинамъ длины волны, либо четыремъ половинамъ длины волны и т. д. Отсюда

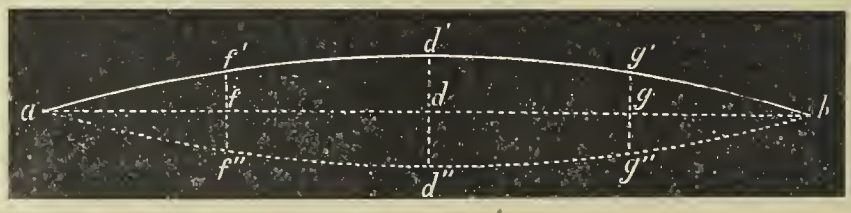


Рис. 37.

Рис. 38.

видно, что только колебанія съ нѣкоторыми вполнѣ опредѣленными періодами установятся на веревкѣ и дадутъ стоячія волны. Если же вы не попадете на надлежащее время колебанія, будетъ путаница, и узлы не будутъ оставаться на мѣстѣ, а будутъ все время перебѣгать.

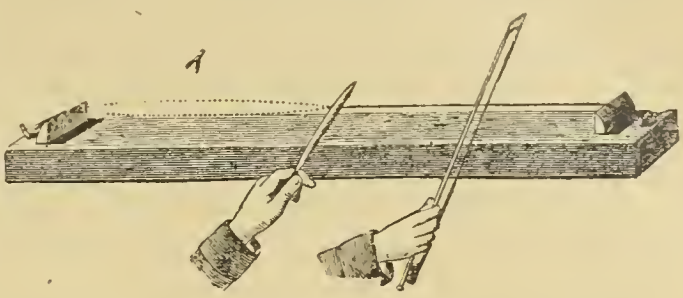


Рис. 39.

То же самое можно получить и на струнѣ, которая можетъ тоже колебаться такъ, какъ изображено на рис. 39—41, если подпирать ее кобылкой въ разныхъ точкахъ [1]). Если подпереть ее въ узлѣ, соотвѣтствующемъ одному изъ изображенныхъ здѣсь способовъ колебанія, то это не должно отразиться на способѣ колебанія. Если подпереть струну посрединѣ (рис. 39) и слегка дернуть одну часть ея или провести по ней смычкомъ, то придетъ въ колебаніе и другая часть — и получатся три узла: два — по концамъ, одинъ — посрединѣ и двѣ пучности между ними. Если же подпереть на разстояніи одной трети отъ конца (рис. 40), то должны получиться четыре узла: два по концамъ — у кобылки и у точки, отстоящей на одну треть отъ другого конца. Если бородкою пера касаться струны на разстояніи одной четверти отъ конца, то получится 5 узловъ (см. рис. 41). Что въ самомъ дѣлѣ получается тутъ узелъ, можно убѣдиться, насадивъ на струну нѣсколько

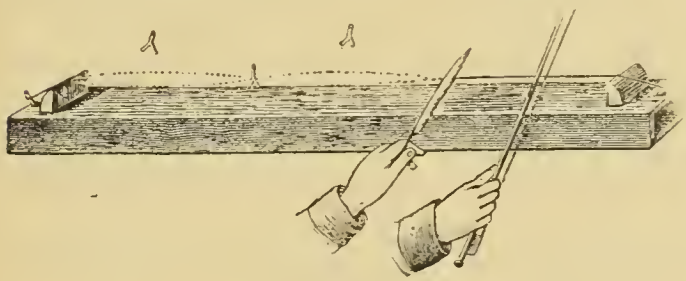


Рис. 40.

Рис. 41.

[1]) Можно вмѣсто этого касаться разныхъ точекъ бородкою пера, какъ на рисункахъ 39—41.

гусариковъ — узкихъ перегнутыхъ пополамъ полосокъ бумаги: при приведеніи струны въ колебаніе всѣ они слетятъ, за исключеніемъ тѣхъ, которые будутъ въ узлахъ.

Какъ же будетъ колебаться струна, если мы просто дернемъ ее, не подпирая нигдѣ и не касаясь нигдѣ? Она будетъ колебаться и какъ одно цѣлое, и какъ двѣ половины, и какъ три трети и т. д., и каждому колебанію будетъ соотвѣтствовать свой звукъ. Тонъ, который струна издаетъ, какъ одно цѣлое, называется ея *основнымъ тономъ*. Тонъ, который издаетъ струна, колеблясь, какъ двѣ половины, называется *первымъ высшимъ тономъ* или *первымъ обертономъ*; тонъ, который она издаетъ, колеблясь, какъ три трети, — *вторымъ обертономъ* и т. д. Эти тоны на самомъ дѣлѣ болѣе высоки, чѣмъ основной, потому что длина волны ихъ меньше, чѣмъ у основного тона, а значитъ, меньше и соотвѣтствующее время колебанія. Чтобы услышать эти тоны, дерните струну и затѣмъ осторожно прикоснитесь бородкою пера къ ея серединѣ: этимъ вы уничтожите колебанія струны, какъ одного цѣлаго, но не уничтожите колебаній струны, какъ двухъ половинъ,—и вы услышите явственно первый обертонъ. Снова дерните струну, прикоснитесь бородкою пера на разстояніи одной трети отъ конца—и вы услышите второй обертонъ; прикоснитесь на разстояніи одной четверти—и вы услышите третій обертонъ и т. д. Такимъ образомъ обыкновенный звукъ струны представляетъ собою совокупность основного тона и цѣлаго ряда обертоновъ.

Я нарочно остановился поподробнѣе на колебаніяхъ струны, чтобы не повторяться, говоря о другихъ источникахъ звука. Скажу прямо, что всякій источникъ звука представляетъ собою тѣло, въ которомъ образовались стоящія волны, и что всякій источникъ звука издаетъ, кромѣ основного тона, еще цѣлый рядъ обертоновъ. При этомъ тѣ точки тѣла, которыя не могутъ двигаться, должны быть узлами, и такъ какъ звучащее тѣло никогда не представляетъ собою одного ряда частицъ, то въ каждомъ источникѣ звука должны быть, въ сущности, не узловыя точки, а цѣлыя *узловыя поверхности*. При наименьшемъ числѣ узловыхъ поверхностей звучащее тѣло издаетъ основной тонъ, а когда число узловыхъ поверхностей больше наименьшаго, оно издаетъ обертоны. Такъ, у струны не можетъ быть меньше двухъ узловыхъ поверхностей — поперечныхъ сѣченій ея въ мѣстахъ закрѣпленія, но можетъ быть и большее ихъ число, какъ мы уже объ этомъ говорили. Колебаніямъ струнъ подобны колебанія губъ, когда мы

вдуваемъ чрезъ нихъ воздухъ, напр., въ свирѣль, и колебанія *голосовыхъ связокъ*, когда мы говоримъ или поемъ. Въ колеблющемся кускѣ картона можетъ быть всего одна узловая поверхность—поперечное сѣченіе въ мѣстѣ закрѣпленія. Точно такъ же колеблются *язычки* многихъ музыкальныхъ инструментовъ, напр., гармоники. Въ колоколѣ образуется одна или большее число узловыхъ поверхностей—сѣченій его вертикальными плоскостями, проходящими чрезъ точку привѣса.

Въ разсмотрѣнныхъ случаяхъ колеблются твердыя тѣла, совершая при этомъ поперечныя колебанія, но не менѣе часты случаи, когда звукъ получается отъ продольныхъ колебаній столба воздуха, напр., во всѣхъ *духовыхъ* инструментахъ или, иначе, *трубахъ*. Во всякую трубу вдувается воздухъ, и струя этого воздуха встрѣчаетъ обыкновенно на пути заостренный выступъ (*ab* на рис. 42): часть струи, направляющаяся внутрь трубы, производитъ дѣйствіе, подобное дѣйствію на конецъ веревки, и вслѣдствіе этого въ трубѣ устанавливаются такія колебанія, чтобы у этого конца оказался узелъ, а на другомъ концѣ получается пучность, если труба *открытая*, какъ изображено на рис. 42, и узелъ, если труба *закрытая*.

Рис. 42.

Мы говорили пока только о такомъ способѣ приведенія источника звука въ колебаніе, при которомъ часть тѣла отклоняется отъ положенія равновѣсія и затѣмъ отпускается. Но есть другой способъ приведенія тѣлъ въ колебаніе,—способъ, который имѣетъ тоже очень существенное значеніе: тѣлу сообщаютъ цѣлый рядъ очень мелкихъ толчковъ, но чрезъ промежутки времени, равные между собою и равные времени колебанія тѣла. Такъ, напр., раскачиваютъ обыкновенно качели, такъ раскачиваютъ тяжелый языкъ колокола, и такъ же можно раскачать и источникъ звука. Если, напр., натянуты вблизи другъ отъ друга двѣ струны, издающія одинъ и тотъ же тонъ, и мы дернемъ одну струну, то тѣхъ ничтожныхъ толчковъ, которые струна сообщаетъ подставкѣ и окружающему воздуху, оказывается достаточно, чтобы привести въ колебаніе вторую струну, такъ какъ каждый слѣдующій толчокъ какъ разъ усиливаетъ колебаніе, вызванное предыдущимъ толчкомъ. И, если мы остановимъ колебанія первой струны, то отчетливо услышимъ звучаніе второй струны.

Такое звучаніе подъ вліяніемъ колебаній другого тѣла называется *отзвукомъ* или *резонансомъ*, а тѣло, приводимое такимъ образомъ въ колебанія,—*резонаторомъ*.

Возьмите какую-нибудь бутылку, дуньте слегка надъ ея горлышкомъ, и вы услышите звукъ, въ которомъ можно довольно легко уловить высоту. Если теперь пропѣть надъ горлышкомъ ту же ноту, то воздухъ въ бутылкѣ придетъ въ сильныя колебанія, и звукъ голоса окажется значительно усиленнымъ. Такіе же резонаторы представляютъ собою ящики скрипокъ, гитаръ, роялей и другихъ струнныхъ инструментовъ, раструбы *язычковыхъ* трубъ и, наконецъ, полость рта. Въ послѣднемъ вы можете убѣдиться, ударяя пальцемъ по черепной коробкѣ или щелкая по щекѣ и въ то же время двигая челюстью такъ, какъ будто бы вы пѣли какой-нибудь мотивъ, и вы услышите тотъ же мотивъ.

При помощи ряда резонаторовъ, настроенныхъ на различные тоны, можно убѣдиться въ томъ, что *оттѣнокъ* звука зависитъ оттого, какими высшими тонами сопровождается данный основной тонъ и какова сила этихъ обертоновъ. Точно такъ же можно убѣдиться въ томъ, что звуки *А*, *О*, *И*, *У* и т. п., произнесенные на одну и ту же ноту, различаются только обертонами, которые сопровождаютъ основной тонъ и которые мы усиливаемъ, придавая движеніями челюсти, щекъ и языка ту или иную форму полости рта. И подтвержденія этого вы тоже можете легко добиться послѣ небольшого упражненія, если будете шевелить челюстью, щеками и языкомъ такъ, какъ будто бы вы произносите *А*, *О*, *У*, и въ это время ударять пальцемъ по головѣ или щелкая по щекѣ.

Такимъ образомъ всѣ особенности, какія мы различаемъ въ звукѣ, оказываются объясненными: сила зависитъ отъ размаха, высота—отъ времени колебанія основного тона, а оттѣнокъ—отъ наличности и относительной силы обертоновъ.

10. Распространеніе звука.

Если источникъ звука находится въ окружающей его со всѣхъ сторонъ *однородной* средѣ, т.-е. въ такой средѣ, которая одинакова во всѣхъ мѣстахъ, то колебанія этого источника звука передаются этой средѣ и распространяются по ней во всѣ стороны, постепенно ослабляясь по мѣрѣ удаленія отъ источника звука, какъ это показываетъ, напр., рис. 36.

Однако въ такихъ простыхъ условіяхъ намъ почти никогда не приходится наблюдать распространеніе звука, такъ какъ въ

воздухѣ, напр., оказываются различныя твердыя тѣла, а если даже звукъ производится въ чистомъ полѣ, то снизу вмѣсто воздуха оказывается земля.

Средою, окружающею источникъ звука, обыкновенно бываетъ воздухъ, но звукъ можетъ передаваться и чрезъ другія среды, напр., чрезъ воду, по земной корѣ, по желѣзу. Въ распространеніи звука по водѣ можно убѣдиться при ныряніи: звуки, производимые въ воздухѣ, слышны и подъ водою, а особенно хорошо слышны звуки, производимые въ водѣ, напр., ударомъ камней другъ о друга. Что звукъ передается по землѣ даже лучше, чѣмъ по воздуху, свидѣтельствуютъ хотя бы наши былины, въ которыхъ богатыри прикладываютъ ухо къ землѣ, чтобы услышать, не ѣдетъ ли кто-нибудь вдали. Намъ, пожалуй, болѣе знакомо лучшее распространеніе звука по желѣзу сравнительно съ распространеніемъ по воздуху, такъ какъ многимъ изъ насъ, вѣроятно, приходилось слышать шумъ колесъ приближающагося поѣзда сначала по рельсамъ, а затѣмъ—по воздуху.

Для распространенія звука необходимо, чтобы источникъ звука былъ окруженъ какою-нибудь *средою*, а въ пустотѣ звукъ не распространяется. Если, напр., помѣстить звонокъ подъ колоколъ воздушнаго насоса и выкачать воздухъ, то, если только звонокъ поставленъ на тѣла, *плохо проводящія* звукъ, звука почти совершенно не слышно. Плохо проводятъ звукъ такія тѣла, какъ вата, войлокъ, сукно, резина.

Звукъ распространяется по каждой средѣ съ опредѣленною скоростью. По воздуху, напр., звукъ при 20° Ц. бѣжитъ со скоростью 342 метровъ въ секунду, при 0°—со скоростью 331 метра, а при—20°—со скоростью 320 метровъ, т.-е. проходитъ 1 версту приблизительно въ 3 секунды. По водѣ звукъ бѣжитъ раза въ 4 быстрѣе, по желѣзу—разъ въ 20.

По воздуху могутъ распространяться только продольныя колебанія, и при каждомъ колебаніи источника звука образуется въ воздухѣ волна сгущенія и разрѣженія и, чѣмъ больше совершилъ источникъ звука колебаній, тѣмъ больше число образовавшихся *звуковыхъ волнъ*. Чѣмъ сильнѣе звукъ, тѣмъ больше сжатіе и тѣмъ больше разрѣженіе. Чѣмъ выше звукъ, т.-е. чѣмъ меньше время колебанія источника звука, тѣмъ на меньшее разстояніе успѣетъ передаться сгущеніе за это время, т.-е. тѣмъ меньше длина звуковой волны.

Рѣчь человѣка, напр., обыкновенно происходитъ на нотахъ, число колебаній которыхъ въ секунду около трехсотъ, и, слѣдовательно, за секунду успѣетъ образоваться около трехсотъ волнъ, ка-

ждая изъ которыхъ состоитъ изъ сгущенія и разрѣженія. Такъ какъ за это время первая волна пробѣжитъ болѣе трехсотъ метровъ, то ясно, что длина волны при человѣческой рѣчи немного болѣе метра. При низкихъ звукахъ басоваго голоса длина волны доходитъ до 4 метровъ, т.-е. около двухъ саженъ; при высокихъ звукахъ женскихъ голосовъ — до трети метра, т.-е. около полуаршина.

Если вы когда-нибудь обращали вниманіе на волны на поверхности воды, то, очень можетъ быть, случалось видѣть, какъ эти волны огибаютъ небольшія препятствія. При этомъ то препятствіе является небольшимъ, которое не велико сравнительно съ длиною волны. Точно такъ же и звуковыя волны свободно огибаютъ препятствія, которыя малы сравнительно съ длиною волны. Такъ, высокіе звуки человѣческой рѣчи легко обогнутъ препятствіе размѣрами въ 10—20 сантиметровъ—человѣческую голову, стволъ молодого дерева, а для низшихъ звуковъ не будетъ препятствіемъ и стволъ дерева въ нѣсколько обхватовъ.

Если же препятствіе достаточно большихъ размѣровъ, то звуковыя волны только загибаютъ за его края, но не могутъ его обогнуть или поглощаются, или отъ него отражаются. Чѣмъ шероховатѣе поверхность препятствія, чѣмъ оно мягче и рыхлѣе, тѣмъ болѣе поглощается звукъ. Наоборотъ, чѣмъ ровнѣе поверхность препятствія, чѣмъ оно плотнѣе и крѣпче, тѣмъ болѣе отражается звукъ.

Когда отраженный звукъ слышенъ чрезъ замѣтное время послѣ звука, воспроизведеннаго источникомъ звука, то его называютъ *эхо*. Самымъ обычнымъ примѣромъ эха являются раскаты грома. Если же отраженный звукъ слышенъ чрезъ очень малый промежутокъ времени, то онъ сливается съ непосредственнымъ звукомъ, и только усиливаетъ его. Благодаря этому звукъ голоса гораздо отчетливѣе слышенъ въ комнатахъ, чѣмъ въ полѣ. Но въ большихъ комнатахъ запозданіе отраженнаго звука, особенно при многократномъ отраженіи, можетъ вести къ тому, что звуки рѣчи не слышны отчетливо и сопровождаются своего рода гудѣніемъ. Это гудѣніе тѣмъ отчетливѣе, чѣмъ меньше препятствій и чѣмъ глаже и тверже поверхности стѣнъ комнаты,—и въ пустыхъ комнатахъ гораздо сильнѣе, чѣмъ въ тѣхъ же комнатахъ съ мебелью.

Явленіе отраженія волнъ имѣетъ очень большое значеніе, потому что благодаря ему въ тѣлахъ образуются стоящія волны, а только тогда тѣла и могутъ являться источниками звука.

Свѣтъ.

11. Распространеніе свѣта.

Изъ всѣхъ физическихъ дѣятелей, дѣйствующихъ на наши внѣшнія чувства, больше всего свѣдѣній о внѣшнемъ мірѣ, доставляетъ намъ свѣтъ. Не будь свѣта, мы бы не знали ничего, съ одной стороны, о такихъ тѣлахъ, какъ солнце, луна, звѣзды, а съ другой стороны, о такихъ предметахъ, какъ красные и бѣлые кровяные шарики, какъ холерныя бациллы, какъ зародышевыя клѣтки человѣка и животныхъ [1]).

Если окинуть умственнымъ взоромъ всѣ тѣ тѣла, о которыхъ мы получаемъ свѣдѣнія посредствомъ свѣта, то легко всѣ ихъ разбить на два разряда. Одинъ разрядъ составятъ такія тѣла, которыя видны сами собою, хотя бы около нихъ никакихъ другихъ тѣлъ не было; тѣла эти сами, какъ говорятъ, испускаютъ свѣтъ и называются *самосвѣтящимися* тѣлами, или *источниками свѣта*. Таковы, напр., солнце, звѣзды (кромѣ планетъ и ихъ спутниковъ), горящая свѣча, раскаленное желѣзо, свѣтлячокъ, гнилое дерево. Другой разрядъ тѣлъ составятъ такія тѣла, которыя видны только въ присутствіи какого-нибудь источника свѣта, когда они освѣщены, когда на нихъ падаетъ свѣтъ, идущій отъ этого источника. Такія тѣла называются въ физикѣ *темными*, и, какъ примѣры ихъ, можно указать луну, облака, домъ, ножъ, руку и т. д.

Различіе между самосвѣтящимися и темными тѣлами—качественное, и потому всякое тѣло мы можемъ безошибочно зачислить въ тотъ или другой разрядъ. Наоборотъ, если мы будемъ смотрѣть на какой-нибудь источникъ свѣта или на освѣщенное тѣло и попробуемъ помѣщать передъ нашими глазами различныя тѣла, то при помѣщеніи однихъ тѣлъ, напр., куска слюды, стакана съ водою, струи пара воды, мы будемъ продолжать видѣть свѣтъ, а при помѣщеніи другихъ тѣлъ, напр., куска картона, деревянной доски, листа желѣза, камня,—не будемъ видѣть свѣта. Первыя тѣла называются *прозрачными*, вторыя—*непрозрачными*, но раздѣленіе тѣлъ на эти два разряда не является такимъ безусловнымъ, какъ дѣленіе на самосвѣтящіяся и темныя. Въ самомъ дѣлѣ, если мы помѣстимъ передъ глазами одинъ кусокъ цвѣтного стекла или нѣсколько такихъ кусковъ, сложенныхъ вмѣстѣ, или кусокъ тонкой бумаги, то хотя мы и будемъ

---

[1]) Обо всемъ этомъ читатель найдетъ свѣдѣнія въ отдѣлахъ «Астрономія», «Физіологія» и «Медицина».

продолжать видѣть свѣтъ, но свѣтъ этотъ будетъ значительно слабѣе, и притомъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ больше взято кусковъ стекла или чѣмъ толще бумага. Подобныя цвѣтному стеклу или бумагѣ тѣла можно назвать *полупрозрачными*, и можно подобрать такой рядъ тѣлъ, чтобы отъ вполнѣ прозрачнаго тѣла мы совершенно постепенно перешли къ вполнѣ непрозрачному. Это показываетъ, что различія по степени прозрачности—различія количественныя, и потому-то и не можетъ быть здѣсь строгаго раздѣленія на разряды. Точно такъ же нельзя говорить о прозрачныхъ или непрозрачныхъ веществахъ, такъ какъ степень прозрачности куска какого-нибудь матеріала зависитъ отъ его толщины: стеклянная пластинка прозрачна, но если посмотрѣть сквозь нее такъ, чтобы свѣтъ входилъ въ одинъ ея бокъ и выходилъ въ другой, проходя, слѣдовательно, по ней большое разстояніе, то мы увидимъ, что она значительно ослабляетъ свѣтъ. Наоборотъ, золотая монета непрозрачна, но очень тонкая пластинка золота—такъ называемое листовое золото, примѣняемое, напр., при золоченіи мебели,—пропускаетъ свѣтъ.

Мы уже нѣсколько разъ говорили такія фразы: тѣло испускаетъ свѣтъ; свѣтъ проходитъ чрезъ пластинку; на тѣло падаетъ свѣтъ. Говоря такія фразы, мы скрытымъ образомъ дѣлаемъ уже предположеніе, что свѣтъ, подобно звуку, есть что-то такое, что можетъ перемѣщаться по пространству. Такое предположеніе оправдывается опытомъ, хотя насчетъ того, что такое представляетъ собою свѣтъ, мы поневолѣ должны ограничиваться новыми предположеніями. О современныхъ предположеніяхъ о природѣ свѣта, о современной теоріи свѣта, которую можно считать очень вѣроятною и даже почти достовѣрною, мы будемъ говорить далѣе, а пока разсмотримъ, какъ распространяется свѣтъ въ пространствѣ и какъ происходитъ это распространеніе во времени.

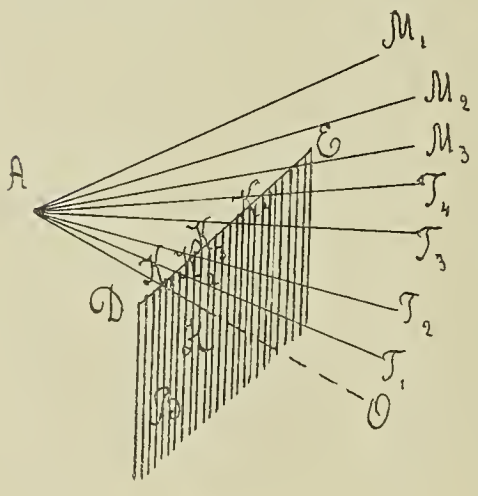


Рис. 43.

Представимъ себѣ источникъ свѣта *A* (рис. 43), очень малыхъ размѣровъ, напр., небольшой кусочекъ тонкой проволоки, накаливаемой электрическимъ токомъ, и, положимъ, около него поставлено непрозрачное тѣло B, заканчивающееся сверху прямою линіею *DE*. Если бы не было ни этого препятствія *B* ни какихъ-

либо другихъ препятствій, свѣтъ отъ источника A распространялся бы ВО ВСѢ СТОРОНЫ.

Тѣло B раздѣлитъ пространство вокругъ точки A на двѣ части: на *свѣтлое пространство*, во всѣ точки котораго попрежнему будетъ проникать свѣтъ отъ A, и на *темное пространство*, или *тѣнь*, куда свѣтъ отъ A проникать не будетъ. Это темное пространство будетъ ограничено съ одной стороны тою частью поверхности препятствія тѣла B, которая обращена къ источнику свѣта A, а съ другой стороны—поверхностью, состоящею изъ прямыхъ линій въ родѣ K_1L_1, K_2L_2—такихъ прямыхъ линій, которыя проходятъ чрезъ свѣтящуюся точку A и которыя КАСАЮТСЯ краевъ препятствія B. Въ нашемъ случаѣ, когда верхній край DE препятствія B—прямой, эта граница тѣни будетъ ПЛОСКОСТЬЮ, проходящею чрезъ точку A и линію DE. Замѣчу, что какъ свѣтлое пространство, такъ и тѣнь безграничны въ стороны ОТЪ свѣтящейся точки.

Если помѣстимъ гдѣ-нибудь за препятствіемъ $BVID$ какое-нибудь другое тѣло $MNOP$ (рис. 44), на которомъ легко можно было бы отличить освѣщенныя части отъ неосвѣщенныхъ и которое называется *экраномъ* (напр., листъ бумаги, бѣлая стѣна, натянутая простыня), то на этомъ экранѣ отчетливо обрисуется граница $B_1V_1I_1D_1$ темнаго пространства, если его разсѣчемъ мысленно плоскостью $MNOP$. ПОЛУЧАЮЩЕМУСЯ на экранѣ неосвѣщенному куску также придаютъ иногда названіе *тѣни*.

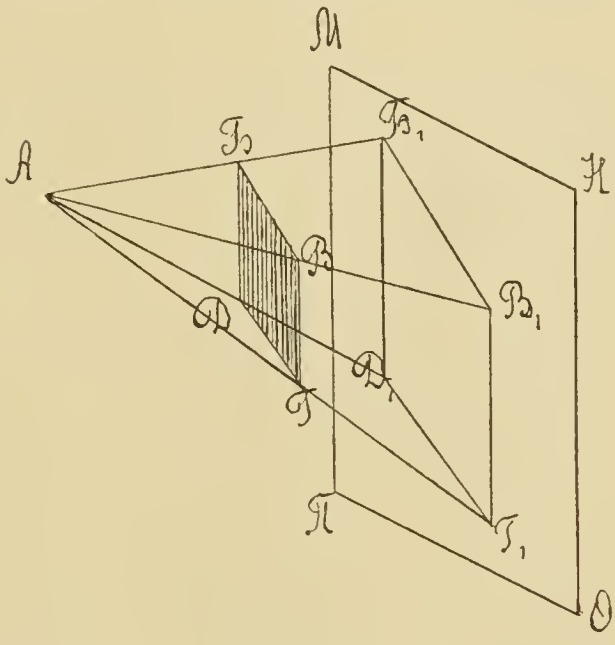


Рис. 44.

Положимъ теперь, что у насъ не одна свѣтящаяся точка, а три—A, B, V (рис. 45). Если бы была только точка A, то отъ препятствія съ плоскимъ верхнимъ краемъ DE получилась бы тѣнь, ограниченная сверху плоскостью DEE_1D_1, и на экранѣ $MNOP$ линія D_1E_1 отдѣляла бы неосвѣщенную часть отъ освѣщенной. Если бы была только точка B, то тѣнь была бы сверху ограничена плоскостью DEE_2D_2, а если бы была только точка

B, то плоскостью $ДЕЕ_3Д_3$. Если же будутъ свѣтить всѣ три точки, то въ пространство надъ плоскостью $ДЕЕ_3Д_3$ будетъ попадать свѣтъ, идущій отъ всѣхъ ихъ трехъ,—и это пространство называется свѣтлымъ. Наоборотъ, въ пространство, ограниченное поверхностью препятствія и плоскостью $ДЕЕ_1Д_1$, не будетъ проникать свѣтъ ни отъ одной изъ свѣтящихся точекъ, и оно будетъ тѣнью. Въ пространство же между плоскостями $ДЕЕ_3Д_3$ и $ДЕЕ_1Д_1$ будетъ попадать свѣтъ отъ части точекъ, и оно называется *полутѣнью*.

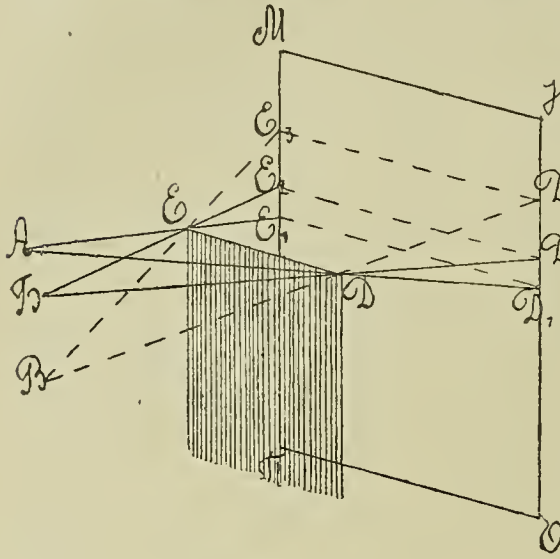


Рис. 45.

Очевидно, что то же самое будетъ, если у насъ, какъ это всегда и бываетъ въ дѣйствительности, будетъ не одна свѣтящаяся точка, а цѣлое свѣтящееся тѣло. Тогда мы всегда должны получать тѣнь и полутѣнь. Если изучать тѣнь и полутѣнь при посредствѣ экрана, то оказывается, что чѣмъ дальше будетъ препятствіе отъ свѣтящагося тѣла, чѣмъ меньше размѣры свѣтящагося тѣла и чѣмъ ближе препятствіе къ экрану, тѣмъ меньше полутѣнь сравнительно съ тѣнью. Такъ, отъ электрическаго дугового фонаря, въ которомъ свѣтится лишь небольшая накаленная часть угля,—такъ называемый кратеръ,—получаются тѣни съ ничтожными полутѣнями.

Всѣ эти явленія выражаютъ словами, говоря, что свѣтъ распространяется по прямымъ линіямъ, и эти прямыя линіи, по которымъ распространяется свѣтъ, называютъ *лучами свѣта*. Необходимо, однако, имѣть въ виду, что это только сокращенный способъ выраженія: на самомъ дѣлѣ мы наблюдаемъ только, что тѣнь ограничена въ любомъ мѣстѣ прямыми линіями, проходящими чрезъ свѣтящуюся точку. Отдѣльныхъ же лучей никакихъ не существуетъ, и видѣть ихъ мы не можемъ. Если иной разъ намъ кажется, что мы видимъ лучъ свѣта или пучокъ лучей свѣта солнца, проникающій, напр., чрезъ отверстіе въ ставнѣ, то мы видимъ лишь пылинки, находящіяся въ свѣтломъ пространствѣ и освѣщенныя этими лучами, — и каждый отдѣльный «лучъ» обнаруживаетъ себя только тогда, когда онъ встрѣтитъ непрозрачную пылинку,

освѣтитъ ее, а самъ перестанетъ существовать, перестанетъ итти дальше.

Но и этого мало: мы можемъ считать, что тѣнь ограничена прямыми линіями, только если не вглядимся внимательнѣе въ эти явленія. Если взять очень малый или очень узкій источникъ свѣта и разсматривать границу тѣни въ увеличительное стекло, то мы увидимъ, что часть свѣта проникаетъ и за эту границу, хотя и на небольшое протяженіе—гораздо меньшее, чѣмъ для звука. Особенно замѣтны эти явленія, когда самое препятствіе очень мало или очень узко: тогда еще легче обнаружить, что и свѣтъ, хоть немного, но все-таки огибаетъ препятствіе.

Явленіе огибанія свѣтомъ препятствій, называемое явленіемъ *дифракціи*, вообще говоря, лишь въ исключительныхъ случаяхъ наблюдается на болѣе или менѣе замѣтныхъ разстояніяхъ отъ границы тѣни, и потому для того, чтобы отдать себѣ отчетъ въ большинствѣ свѣтовыхъ явленій, достаточно представлять себѣ, что свѣтъ распространяется по прямымъ линіямъ, распространяется лучами.

Изъ того, что свѣтъ распространяется лучами, непосредственно вытекаетъ и законъ ослабленія освѣщенія по мѣрѣ удаленія отъ источника свѣта. Если на нѣкоторомъ разстояніи отъ свѣтящейся точки A (рис. 46) мы помѣстимъ экранъ $БВГД$, то на него будетъ попадать вполнѣ опредѣленная часть всего того свѣта, какой испускаетъ точка A,—та часть, которая распространяется отъ точки A въ свѣтломъ пространствѣ $АБВГД$. Если бы этого экрана не было, то тотъ же «пучокъ лучей» свѣта могъ бы освѣтить другія тѣла, напр., экранъ $Б_1В_1Г_1Д_1$, находящійся на вдвое большемъ разстояніи отъ A, чѣмъ первый экранъ. Такъ какъ стороны второго экрана вдвое больше соотвѣтствующихъ сторонъ перваго экрана, то площадь второго экрана въ четыре раза больше площади перваго,—и на кусокъ второго экрана, равный площади перваго экрана, падаетъ въ четыре раза меньше «свѣта». Какой бы точки зрѣнія на свѣтъ ни держаться, мы должны признать, что второй экранъ, находящійся на разстояніи, вдвое большемъ, чѣмъ первый, освѣщенъ въ четыре раза менѣе, чѣмъ первый. Если бы онъ былъ на разстояніи, въ 3 раза большемъ, то такое же разсужденіе показало бы намъ, что онъ былъ бы освѣщенъ въ $3\times3=9$ разъ менѣе и т. д. Короче, то, къ чему

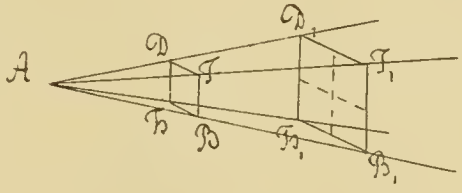


Рис. 46.

мы пришли, можно сказать такъ: освѣщеніе предметовъ какимъ-нибудь источникомъ свѣта обратно пропорціонально квадрату разстоянія этихъ предметовъ отъ источника свѣта. Такъ какъ освѣщеніе быстро убываетъ съ увеличеніемъ разстоянія отъ источника свѣта, то при достаточномъ удаленіи отъ него мы перестаемъ его видѣть: свѣчу ночью мы увидимъ еще на разстояніи нѣсколькихъ десятковъ саженъ, но не увидимъ на разстояніи нѣсколькихъ верстъ и т. д.

Указанный «законъ освѣщенія» позволяетъ сравнивать между собою и *силы свѣта* различныхъ источниковъ. Условимся считать одинъ источникъ свѣта имѣющимъ силу свѣта, во столько разъ превышающую силу свѣта другого источника, во сколько разъ освѣщеніе, производимое первымъ источникомъ на нѣкоторомъ разстояніи, больше освѣщенія, производимаго вторымъ источникомъ на томъ же разстояніи. Изъ наблюденій непосредственно глазомъ мы не можемъ сказать, во сколько разъ освѣщеніе какого-нибудь предмета однимъ источникомъ свѣта больше освѣщенія того же предмета другимъ источникомъ свѣта, а можемъ только сказать, равны или неравны эти освѣщенія, и если не равны, то которое больше. Пользуясь же закономъ освѣщенія, мы можемъ и количественно сравнивать силы свѣта. Для этого надо освѣтить какой-нибудь экранъ такъ, чтобы одна часть его была освѣщена только однимъ источникомъ, а другая—только другимъ источникомъ, и отодвигать болѣе сильный источникъ или придвигать болѣе слабый до тѣхъ поръ, пока освѣщенія обѣихъ частей экрана не станутъ одинаковыми. Тогда легко разсчитать, во сколько разъ на томъ же разстояніи одинъ источникъ освѣщалъ бы больше, чѣмъ другой, т.-е. во сколько разъ сила свѣта одного источника болѣе силы свѣта другого.

Приборы, служащіе для этого, называются *фотометрами*, и простѣйшій изъ нихъ—палочка и листъ бумаги. Если поставить предъ листомъ бумаги *МН* (рис. 47) палочку *С* и освѣтить все это двумя источниками свѣта *А* и *Б*, то на бумагѣ мы увидимъ двѣ «тѣни», *а* и *б*. Одна изъ нихъ, *а*, будетъ представлять тѣнь палочки отъ перваго источника *А*, вторая—*Б* представляетъ тѣнь палочки отъ источника *Б*. Если бы для равенства освѣщенія этихъ двухъ кусковъ экрана понадобилось перемѣстить *А* въ 3 раза дальше отъ экрана, чѣмъ стоитъ *Б*, то это значило бы, что на равномъ разстояніи источникъ *А* освѣщаетъ въ $3\times3=9$ разъ больше, чѣмъ *Б*, т.-е. что сила свѣта источника *А* въ 9 разъ превышаетъ силу свѣта источника *Б*.

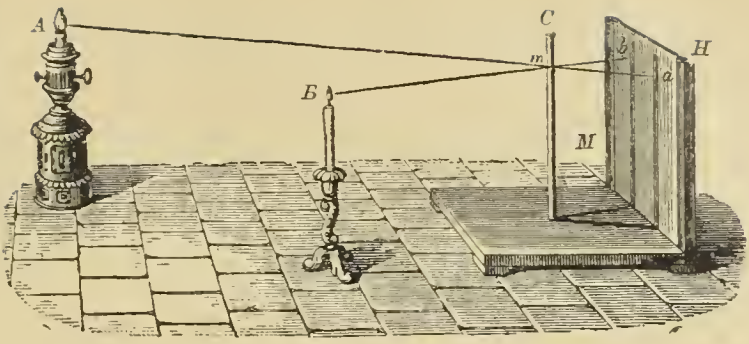


Рис. 47.

Такимъ способомъ и оцѣниваютъ силу свѣта источниковъ и говорятъ о лампѣ «въ 20 свѣчей» или о дуговомъ фонарѣ «въ 1000 свѣчей» и т. п.

12. Скорость свѣта.

Разсмотрѣвъ, какъ свѣтъ распространяется въ пространствѣ, перейдемъ теперь къ тому, какъ происходитъ это распространеніе во времени.

Долгое время люди не знали, распространяется ли свѣтъ мгновенно, или для этого требуется время, и только со времени открытія зрительной трубы и изученія при помощи нея небесныхъ свѣтилъ люди убѣдились въ конечной, а не безконечно-большой скорости распространенія свѣта.

Укажу способъ опредѣленія скорости свѣта изъ астрономическихъ наблюденій, для чего прибѣгну къ сравненію. Положимъ, на телѣжкѣ (рис. 48) установлена открытая сверху труба T, внутреннія стѣнки которой желательно не смочить падающимъ отвѣсно дождемъ. При неподвижности телѣжки это будетъ достигнуто только въ томъ случаѣ, если труба T будетъ тоже стоять отвѣсно; тогда капли дождя будутъ попадать какъ разъ на дно трубы и не будутъ смачивать ея стѣнки. Но если телѣжка движется, напр., вправо, то частицы дождя, войдя въ верхнее

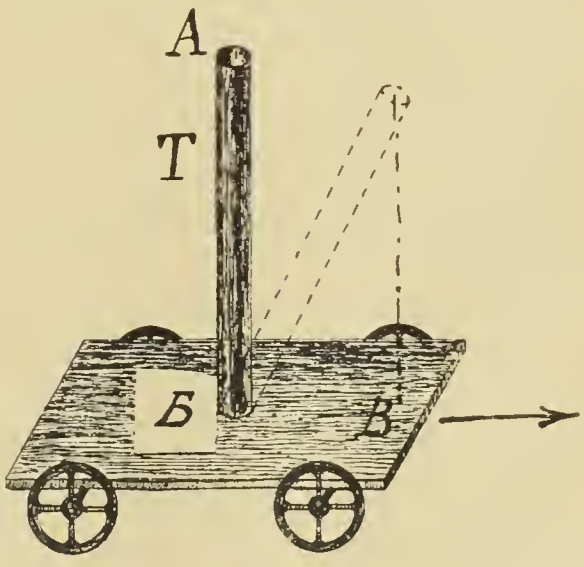


Рис. 48.

отверстіе трубы, не будутъ успѣвать дойти до дна, а будутъ ударяться о лѣвую стѣнку трубы. Чтобы и теперь ни одна капля дождя не попала на стѣнки, придется нѣсколько наклонить трубу въ направленіи движенія, а именно наклонить на такой уголъ, чтобы за то время, какое частицѣ дождя нужно для прохожденія вертикальнаго разстоянія *АБ* отъ верха *А* трубы до ея дна *Б*, самое дно успѣло пройти кусокъ *БВ*. При этомъ каждая капля дождя, попавшая, напр., въ самую середину отверстія, во все время своего паденія внутри трубы будетъ оставаться на самой серединѣ трубы и упадетъ на самую середину дна. Отношеніе куска *БВ* къ куску *АБ* должно, очевидно, равняться отношенію скорости движенія телѣжки къ скорости паденія капли.

Точно такъ же, если мы смотримъ въ зрительную трубу на находящуюся какъ разъ надъ нашею головою звѣзду, мы, чтобы свѣтъ отъ нея попалъ какъ разъ на середину основанія трубы, должны были бы устанавливать трубу строго отвѣсно, если бы земля была неподвижна. Но такъ какъ земля движется вокругъ солнца, проходя около 30 километровъ въ секунду, т.-е. тысячи въ двѣ разъ быстрѣе курьерскаго поѣзда, то оказывается, что зрительную трубу приходится наклонять нѣсколько въ сторону движенія земли. Приходится ее наклонять настолько, чтобы за то время, какъ труба перемѣстится на кусокъ, на который мы смѣстили ея верхнее отверстіе, свѣтъ успѣвалъ пробѣжать какъ разъ длину этой трубы. Такимъ образомъ всякая звѣзда кажется намъ нѣсколько отклоненною отъ своего истиннаго положенія, смотря по тому, въ какую сторону мчится въ это время земной шаръ. Это явленіе называется *аберраціей* свѣта, и изъ него, зная скорость движенія земного шара, можно опредѣлить и скорость свѣта, которая изъ этихъ наблюденій оказывается равною 300.000 километровъ въ секунду.

Но физикамъ удалось опредѣлить эту чудовищную скорость, и не прибѣгая ни къ такимъ громаднымъ разстояніямъ, какъ разстоянія, пробѣгаемыя земнымъ шаромъ за 24 часа, ни къ такимъ гигантскимъ скоростямъ, какъ скорость земного шара при его движеніи вокругъ солнца.

Чтобы выяснить этотъ способъ опредѣленія скорости свѣта, прибѣгну къ сравненію. Вы знаете, что пуля, ударившаяся о твердый предметъ, можетъ иногда отскакнуть отъ него. Положимъ, у насъ есть ружье *АБ* (рис. 49), изъ котораго мы стрѣляемъ въ стальную плитку *ЗЗ* по направленію *БВ*, и пусть пуля отскакиваетъ отъ нея по направленію *ВГ*. Если мы подъ прямымъ угломъ къ этому направленію поставимъ другую сталь-

ную плитку $З_1З$, то если пуля отскочитъ отъ нея, то отскочитъ какъ разъ обратно, попадетъ снова въ плитку $ЗЗ$ и, отразившись отъ нея по прежнему направленію, вернется обратно въ дуло $Б$ ружья $АБ$, или, по крайней мѣрѣ, полетитъ въ этомъ направленіи, но попадетъ нѣсколько ниже его, но ни вправо ни влѣво отъ него.

Такъ будетъ при неподвижности плитки $ЗЗ$. Если же въ то время, какъ пуля летитъ отъ $В$ къ $Г$ и обратно, мы нѣсколько повернемъ эту плиту и поставимъ ее въ положеніе $З_2З_2$, то пуля отлетитъ отъ нея по направленію $ВД$.

Пусть теперь $АБ$—не ружье, а зрительная труба, направляющая свѣтъ отъ источника $А$ въ направленіи $БВ$, $ЗЗ$ и $З_1З$—зеркала. Въ такомъ случаѣ, при неподвижности зеркала $ЗЗ$, свѣтъ, вышедшій изъ трубы $Б$, отразившись отъ $ЗЗ$, затѣмъ отъ $З_1З$ и, наконецъ, снова отъ $ЗЗ$, пойдетъ обратно по прежнему направленію и попадетъ обратно въ трубу $БА$. Если же зеркало $ЗЗ$ будетъ настолько быстро вращаться, чтобы за то ничтожнѣйшее время, пока свѣтъ пробѣгаетъ разстояніе $БВ$, отъ $ЗЗ$ до $З_1З$ и обратно, повернуться на замѣтный уголъ, то свѣтъ, отразившись вторично отъ зеркала $ЗЗ$ въ его новомъ положеніи $З_2З_2$, пойдетъ обратно не по направленію $ВБ$, а по другому направленію $ВД$, и, зная уголъ $ДВБ$ отклоненія лучей при этомъ, и зная разстояніе $ВГ$, зная быстроту вращенія зеркала, можно и изъ такихъ земныхъ опытовъ получить скорость свѣта.

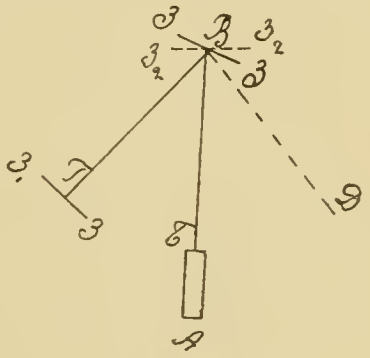


Рис. 49.

Чтобы составить себѣ хоть нѣкоторое представленіе о скорости свѣта, скажу, что въ одну секунду свѣтъ успѣлъ бы обѣжать около 8 разъ вокругъ земного шара, а за 8 минутъ пробѣгаетъ разстояніе отъ солнца до земли,—разстояніе, которое курьерскій поѣздъ, двигаясь безъ остановки, могъ бы проѣхать лишь въ 300 лѣтъ, а всѣ поѣзда, движущіеся теперь на земномъ шарѣ, пробѣгаютъ приблизительно въ недѣлю. А отъ такъ называемыхъ неподвижныхъ звѣздъ свѣтъ идетъ гораздо большіе промежутки времени—годы, десятки, сотни, а можетъ-быть, и тысячи лѣтъ, такъ что многихъ видимыхъ нами теперь звѣздъ, можетъ-быть, давно уже не существуетъ, а многихъ, уже засвѣтившихъ, мы еще и не видимъ. Эти соображенія даютъ наглядное представленіе о колоссальности размѣровъ вселенной.

13. Отраженіе свѣта.

Когда свѣтъ, распространяясь въ какой-нибудь средѣ, доходитъ до границы ея съ какою-нибудь другою средою или съ какимъ-нибудь тѣломъ, въ распространеніи его наступаютъ измѣненія.

Эти измѣненія относятся, какъ къ тому, какъ распространяется свѣтъ въ пространствѣ, такъ и къ тому, какъ это распространеніе происходитъ во времени.

Главная особенность этихъ измѣненій въ томъ, что свѣтъ, доходящій до поверхности раздѣла двухъ средъ, раздѣляется на двѣ части: на одну, которая идетъ обратно въ первую среду,—свѣтъ *отраженный* или *разсѣянный*, и на другую, которая входитъ во вторую среду,—свѣтъ *проходящій* или *преломленный*. Убѣдиться въ такомъ раздвоеніи свѣта очень легко въ солнечный день при помощи куска стекла: свѣтъ частью проходитъ чрезъ него, а частью отбрасывается обратно.

Чтобы разобраться въ явленіяхъ отраженія и преломленія свѣта, очень полезнымъ является понятіе о *поверхности свѣтовой волны*. Это понятіе по названію связано съ *волновою теоріей* свѣта,—съ теоріей, по которой свѣтъ представляетъ собою волны въ особомъ тонкомъ веществѣ, эѳирѣ,—но имъ можно пользоваться, и не задаваясь вовсе вопросомъ, что̀ такое свѣтъ.

Подъ поверхностью свѣтовой волны мы будемъ понимать такую поверхность, до всѣхъ точекъ которой свѣтъ доходитъ одновременно. Такъ, если у насъ есть свѣтящаяся точка, которая окружена однородною средою, то поверхности волнъ свѣта будутъ шаровыя поверхности C_1C_1, C_2C_2, съ центромъ въ этой свѣтящейся точкѣ A (рис. 50). Если на глазъ падаетъ часть такой выпуклой шаровой волны, то глазъ видитъ свѣтящуюся точку въ ея центрѣ. Волна C_2C_2 площе волны C_1C_1; отсюда ясно, что чѣмъ площе падающая на глазъ волна, тѣмъ дальше кажется глазу источникъ свѣта. Если говорить не о свѣтовой волнѣ, а о лучахъ свѣта, то точно такъ же мы убѣдимся, что, когда въ глазъ попадаютъ расходящіеся лучи, глазъ видитъ свѣтящуюся точку тамъ, гдѣ эти лучи пересѣкаются, и что, чѣмъ менѣе расходятся попадающіе въ глазъ лучи, тѣмъ дальше кажется глазу эта точка.

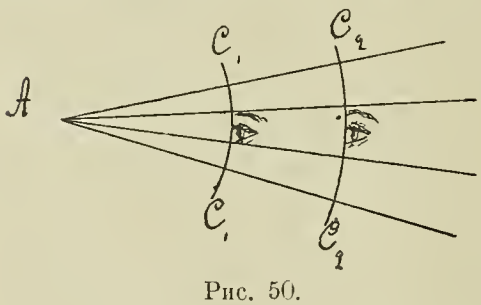


Рис. 50.

Такъ какъ глазъ всегда отдѣленъ отъ свѣтящихся точекъ, и въ глазъ попадаетъ всегда только часть свѣтовой волны или пучокъ лучей, идущихъ отъ источника свѣта, то можно высказать такое заключеніе: всегда, когда въ глазъ попадаетъ часть выпуклой свѣтовой волны или пучокъ расходящихся лучей, глазъ видитъ свѣтящуюся точку въ центрѣ этой волны или въ мѣстѣ пересѣченія этихъ лучей, хотя бы на самомъ дѣлѣ тамъ и не было источника свѣта. Необходимо при этомъ помнить, что, будемъ ли мы говорить о поверхности свѣтовой волны, будемъ ли мы говорить о лучахъ свѣта, мы пока только описываемъ явленіе такъ, какъ намъ кажется болѣе подходящимъ въ данномъ случаѣ,—и въ дальнѣйшемъ мы будемъ безразлично пользоваться и тѣмъ и другимъ способомъ описанія явленій.

Если волна CC отъ источника свѣта A (рис. 51) достигаетъ небольшого тѣла B, напр., пылинки, то мы видимъ эту пылинку. Отсюда слѣдуетъ, что всякая точка, до которой дошла свѣтовая волна или лучи, сама является новымъ центромъ волны C_1C_1, новымъ мѣстомъ исхода лучей. Если же свѣтъ падаетъ не на одну пылинку, а на большую шероховатую поверхность, которую можно разсматривать, какъ состоящую изъ чрезвычайно большого числа маленькихъ возвышеній, то каждое изъ этихъ возвышеній является центромъ новой волны, каждое изъ нихъ видно, и въ результатѣ мы видимъ эту освѣщенную поверхность, которая, какъ говорится, разсѣиваетъ свѣтъ.

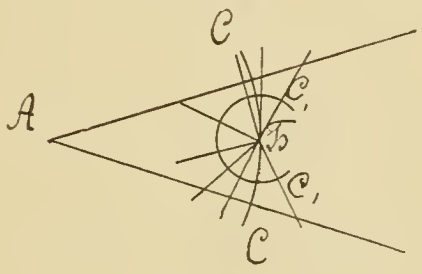


Рис. 51.

То же обстоятельство позволяетъ довольно просто отдать себѣ отчетъ въ томъ, какъ происходитъ отраженіе свѣта отъ большихъ гладкихъ поверхностей — отъ такъ называемыхъ *зеркалъ*. Разсмотримъ сначала простѣйшій случай: отраженіе свѣта исходящаго изъ одной свѣтящейся точки A (рис. 52), находящейся предъ плоскимъ зеркаломъ $ЗЗ$.

Свѣтовая волна, идущая отъ точки A и распространяющаяся со скоростью 300.000 километровъ въ секунду, въ нѣкоторый моментъ займетъ такое положеніе CC, что она коснется зеркала $ЗЗ$, — коснется въ такой точкѣ B, что линія AB составляетъ прямой уголъ съ зеркаломъ или, если примѣнить иностранное слово, перпендикулярна къ зеркалу. Другія точки волны CC въ этотъ моментъ еще не добѣжали до зеркала, а точка B

поверхности зеркала, до которой добѣжала волна, сама въ этотъ моментъ становится центромъ новой волны. За то время, какъ наша волна отъ источника *А* добѣжитъ до точекъ *Г* и *Д* поверхности зеркала, за то время, какъ при отсутствіи зеркала она заняла бы положеніе $C_1ГВДС_1$ отъ точки *Б* успѣетъ образоваться небольшая волна *ссс*—такая, что *Бс* равно *БВ*. Еще черезъ нѣкоторый промежутокъ времени, когда волна отъ *А*, при отсутствіи зеркала, заняла бы положеніе $C_2ЖЕИС_2$, а при наличности зеркала успѣетъ добѣжать до точекъ *Ж* и *И* зеркала, отъ точки *Б* успѣетъ образоваться такая небольшая волна *тттт*, что *Бт* равно *БЕ*, отъ точки *Г*—такая волночка *ууу*, что *Гу* равно *Гг*, отъ точки *Д*—такая волночка *ффф*, что *Дф* равно *Дд*. На рис. 53 изображены также такія волночки отъ ряда промежуточныхъ точекъ зеркала *ЗЗ*, до которыхъ послѣдовательно добѣгала волна C_2C_2 отъ источника *А*, пока она не коснулась точекъ *Ж* и *И*, и изъ этого рисунка видно, что всѣ эти волночки даютъ вмѣстѣ одну выпуклую волну *ЖКИ*, у которой *КБ* равно *БЕ*.

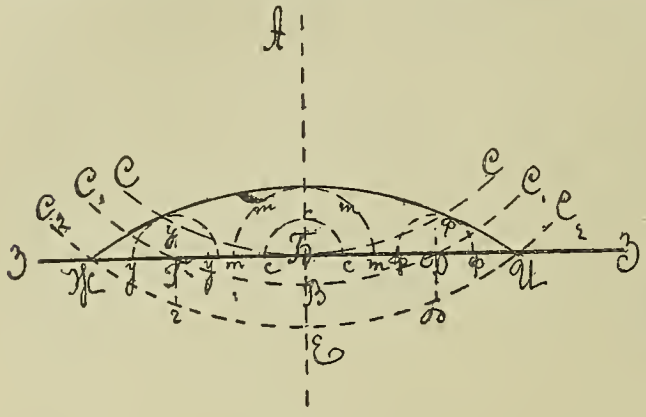


Рис. 52.

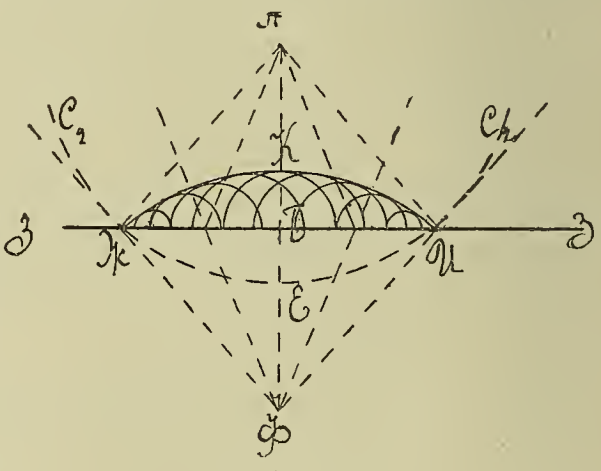


Рис. 53.

Такимъ образомъ получается, что вслѣдствіе отраженія волна $C_2ЖЕИС$ какъ бы перегнулась своею частью *ЖЕИ* въ другую сторону,—и теперь эта отраженная волна *ЖКИ* бѣжитъ въ обратную сторону такъ, какъ будто она исходитъ отъ точки *Ф*, лежащей за зеркаломъ на одномъ перпендикулярѣ къ нему съ точкою *А* и на томъ же разстояніи отъ него, какъ точка *А*. Если нашъ глазъ попадется на пути этой отраженной волны, то онъ увидитъ свѣтящуюся точку за зеркаломъ въ точкѣ *Ф*, хотя на самомъ дѣлѣ тамъ никакой свѣтящейся точки

не будетъ. Такая свѣтящаяся точка, которую глазъ видитъ благодаря отраженію свѣта, называется *изображеніемъ* источника свѣта A, а ея мѣсто называется *фокусомъ* точки A.

Такое изображеніе называется *мнимымъ*, потому что на самомъ дѣлѣ изъ фокуса Φ, гдѣ мы видимъ свѣтящуюся точку, никакія волны, никакіе лучи не выходятъ,—въ отличіе отъ *дѣйствительныхъ* изображеній, при которыхъ волны или лучи дѣйствительно сходятся въ какой-нибудь точкѣ и дѣйствительно затѣмъ изъ нея выходятъ.

Все то же самое можно вывести также, разсматривая распространеніе свѣта отъ точки A пучкомъ расходящихся лучей, каждый изъ которыхъ отражается отъ зеркала такъ, что въ результатѣ получается пучокъ тоже расходящихся лучей, но пересѣкающихся въ фокусѣ Φ (рис. 53). При этомъ надо лишь предположить, что каждый лучъ AB (рис. 54) отражается такъ, что *уголъ паденія* $ABП$ равенъ углу отраженія $ПBO$: здѣсь $BП$—перпендикуляръ къ зеркалу, AB—лучъ падающій, BO—лучъ отраженный.

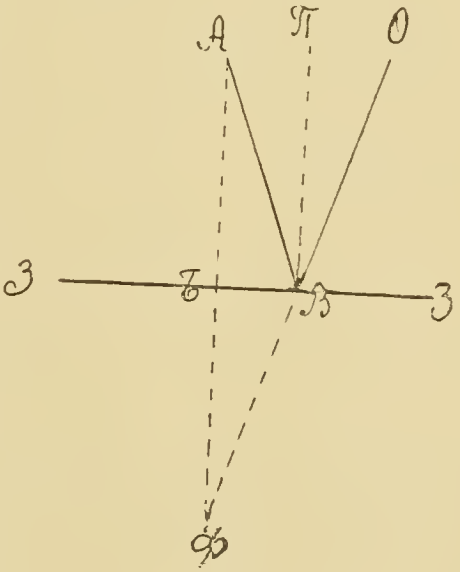


Рис. 54.

Если вы хотите на опытѣ увидѣть, какъ перегибается при отраженіи часть волны, бросьте камень въ воду около прямолинейнаго берега и посмотрите, какъ волна, бѣгущая отъ мѣста паденія, отразится отъ берега. Или же возьмите подносъ съ прямыми бортами, напр., листъ, на которомъ пекутъ пироги, налейте въ него воды и дотроньтесь до поверхности ея въ какомъ нибудь мѣстѣ пальцемъ,—и вы увидите тѣ же явленія.

А если вы хотите убѣдиться въ справедливости этого для свѣтовыхъ волнъ, для свѣтовыхъ лучей, то сначала прикиньте въ умѣ, что будетъ, если предъ зеркаломъ MM стоитъ не одна свѣтящаяся точка, а цѣлый рядъ ихъ. Когда вы сообразите, что отъ каждой изъ нихъ должно получиться изображеніе ея за зеркаломъ на одномъ перпендикулярѣ съ нею и на томъ же разстояніи отъ зеркала, тогда взгляните на себя въ зеркало, и вы убѣдитесь въ справедливости нашихъ выводовъ.

Теперь легко понять, что будетъ въ случаѣ выпуклыхъ и вогнутыхъ зеркалъ.

Если у насъ есть выпуклое зеркало *ЗЗ* (рис. 55), то отраженныя волночки, образующіяся отъ сосѣднихъ съ *Б* точекъ зеркала, еще болѣе отстанутъ отъ волночки, бѣгущей отъ точки *Б*, чѣмъ въ случаѣ плоскаго зеркала, и мы вмѣсто части *ЖВИ* поверхности волны C_2C_2 получимъ гораздо болѣе выпуклую отраженную волну *ЖКИ*, *БК=БВ*. Центръ этой отраженной волны — фокусъ *Ф* — будетъ лежать за зеркаломъ, но ближе къ нему, чѣмъ лежитъ отъ него точка *А*, и мы тамъ и увидимъ изображеніе точки *А*. И это тоже можно обнаружить на волнахъ на прудѣ—при отраженіи ихъ отъ круглаго камня или стоящаго отвѣсно бревна, или на волнахъ на листѣ — при отраженіи ихъ, напр., отъ круглой бутылочки.

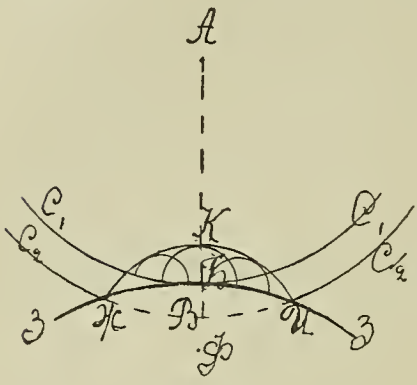


Рис. 55.

Если предъ выпуклымъ зеркаломъ находится не одна свѣтящаяся точка *А*, а цѣлый рядъ ихъ—цѣлое свѣтящееся тѣло *АБ* (рис. 56), то отъ каждой точки тѣла получится болѣе близкое къ зеркалу *ЗЗ* изображеніе ея, и въ результатѣ мы увидимъ въ такомъ зеркалѣ приближенное и уменьшенное изображеніе *аб* предмета.

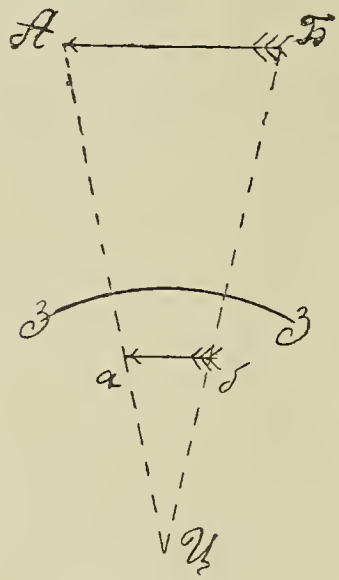


Рис. 56.

Если зеркало *ЗЗ*—вогнутое (рис. 57) и точка *А* довольно близко отъ него, то волночки отъ сосѣднихъ съ *Б* точекъ зеркала отстаютъ отъ волночки отъ точки *Б* менѣе, чѣмъ въ случаѣ плоскаго зеркала, и мы вмѣсто части *ЖСИ* поверхности волны *СС* получимъ менѣе выпуклую отраженную волну *ЖКИ* (*БК=БВ*) и увидимъ изображеніе точки *А* въ фокусѣ *Ф*, лежащемъ далѣе за зеркаломъ. А если предъ вогнутымъ зеркаломъ не одна свѣтящаяся точка, а свѣтящееся тѣло *АБ* (рис. 58), то мы увидимъ удаленное и увеличенное изображеніе *аб* этого тѣла.

Если свѣтящаяся точка *А* будетъ удаляться отъ вогнутаго зеркала *ЗЗ*, то отраженная волна будетъ становиться все менѣе и менѣе выпуклою, изображеніе *Ф* точки *А* будетъ все болѣе и болѣе удаляться отъ зеркала, и, наконецъ, можетъ случиться, что отраженная волна *ЖКИ* (рис. 59) станетъ совершенно пло-

скою, отраженные лучи перестанутъ быть расходящимися, а станутъ параллельными, и свѣтъ будетъ распространяться въ такомъ пучкѣ лучей безъ ослабленія. Этимъ пользуются при устройствѣ отражателей или рефлекторовъ у источни-

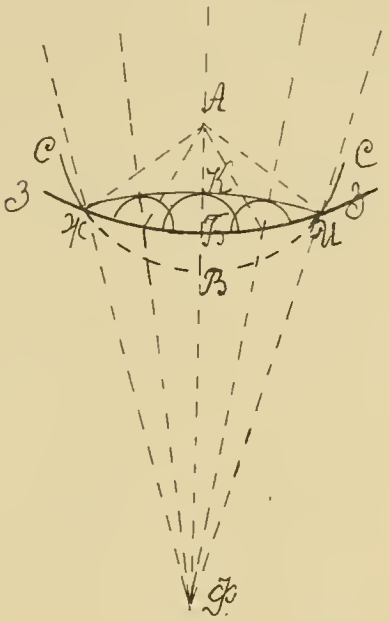


Рис. 57.

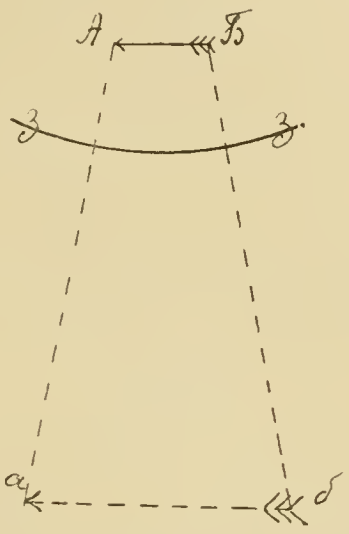


Рис. 58.

ковъ свѣта, которые должны освѣщать преимущественно въ одномъ направленіи, напр., въ военныхъ прожекторахъ, на маякѣ и т. п.

Наконецъ, если свѣтящаяся точка A будетъ еще дальше отъ вогнутаго зеркала $ЗЗ$ (рис. 60), то падающая волна будетъ раньше касаться точекъ, сосѣднихъ съ точкою $Б$, чѣмъ точки $Б$,—и получится вогнутая отраженная волна C_1C_1, которая будетъ при своемъ распространеніи понемногу сходиться и сходиться, занимая послѣдовательныя положенія C_2C_2, C_3C_3 и т. д. Наконецъ она сойдется въ одной точкѣ $Ф$, которая и явится центромъ новой выпуклой волны, послѣдовательныя положенія которой будутъ C_4C_4, C_5C_5, C_6C_6 и т. п. Если говорить о лучахъ, то въ этомъ случаѣ вогнутое зеркало превращаетъ пучокъ расходящихся лучей въ пучокъ лучей, сходящихся въ фокусѣ $Ф$ и оттуда расходящихся.

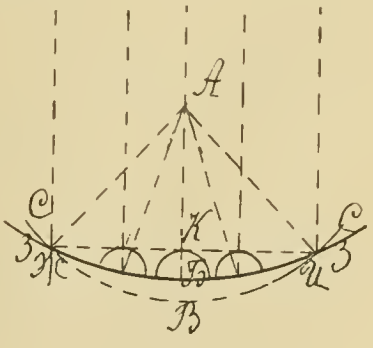


Рис. 59.

Будемъ ли мы разсуждать при помощи волнъ или при помощи лучей, во всякомъ случаѣ ясно, что глазъ, находящійся на пути волнъ или лучей, идущихъ отъ точки *Ф*, увидитъ тамъ изображеніе свѣтящейся точки *А*. А если предъ вогнутымъ зеркаломъ будетъ свѣтящееся тѣло *АБ* (рис. 61), то глазъ увидитъ предъ зеркаломъ уменьшенное и обратное изображеніе *аб* этого тѣла.

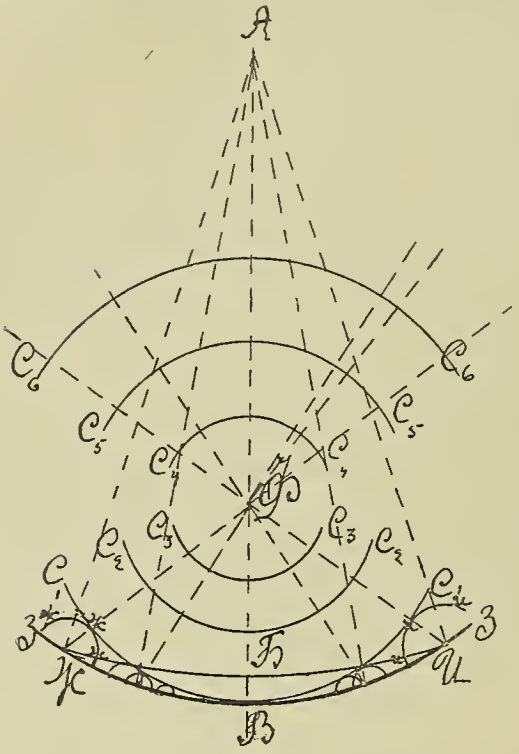


Рис. 60.

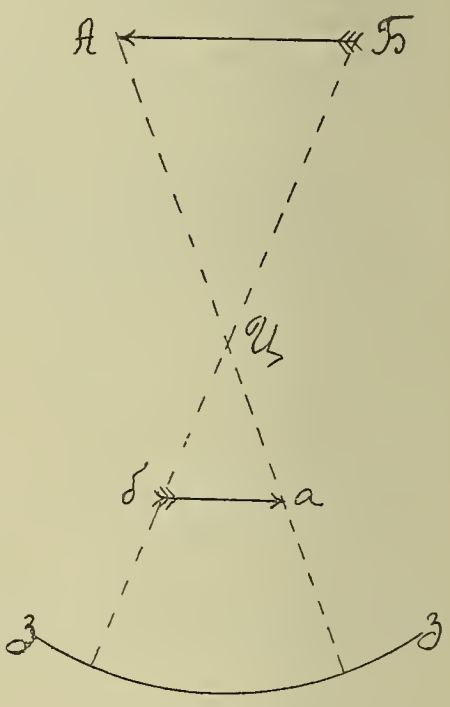


Рис. 61.

Чѣмъ вогнутѣе зеркало, тѣмъ это уменьшенное изображеніе предмета будетъ ближе къ зеркалу — при томъ же разстояніи предмета отъ зеркала.

Что касается того, какъ происходитъ распространеніе отраженнаго свѣта во времени, то мы, въ сущности, все время уже говорили объ этомъ, полагая, что отраженныя волночки распространяются съ тою же скоростью, какъ бѣжала бы падающая на зеркало волна.

14. Преломленіе свѣта.

Иное дѣло будетъ со свѣтомъ преломленнымъ, напр., со свѣтомъ, перешедшимъ изъ воздуха въ воду или въ стекло. Непосредственный опытъ [1]) показываетъ, что свѣтъ медлен-

[1]) По способу, описанному въ предыдущей статьѣ и изображенному на рис. 49; если между зеркалами *ЗЗ* и $З_1З$ помѣстить трубу съ водою, то отклоненіе луча *ВД* становится больше.

нѣе распространяется въ водѣ, чѣмъ въ воздухѣ. Число, показывающее, во сколько разъ медленнѣе распространяется свѣтъ по какому-нибудь веществу сравнительно съ воздухомъ, называется *показателемъ преломленія* этого вещества. Такъ, напр., показатель преломленія воды равенъ $1^1/_3$,—обычныхъ сортовъ стекла близокъ къ $1^1/_2$, алмаза—$2^1/_2$. Это значитъ, что свѣтъ въ водѣ распространяется со скоростью $\frac{300.000}{1^1/_3} = 225.000$ километровъ въ секунду, въ стеклѣ—со скоростью $\frac{300.000}{1^1/_2} = 200.000$ кил. въ сек., а въ алмазѣ—со скоростью $\frac{300.000}{2^1/_2} = 120.000$ кил. въ секунду.

Разсмотримъ сначала опять простѣйшій случай: одна свѣтящаяся точка A (рис. 62) и плоская поверхность раздѣла HH среды I, въ которой находится точка A и въ которой свѣтъ распространяется быстрѣе, и среды II, куда свѣтъ входитъ и гдѣ онъ распространяется медленнѣе. Такія двѣ среды принято называть *менѣе преломляющею* и *болѣе преломляющею*.

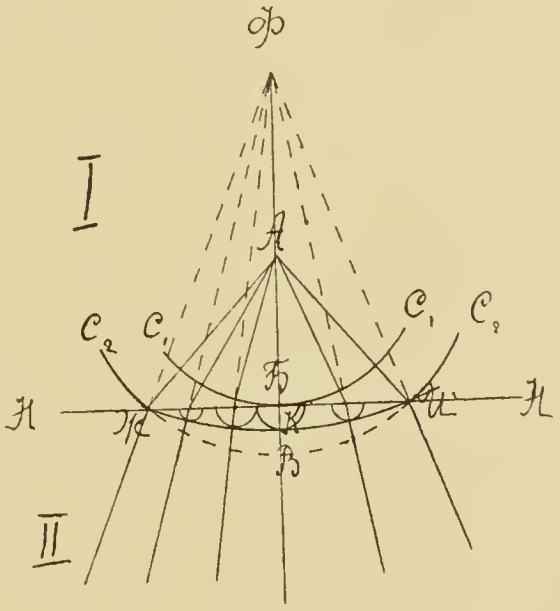


Рис. 62.

Если бы за плоскостью HH была не среда II, а среда I, то за промежутокъ времени, въ теченіе котораго свѣтовая волна C_1C_1, добѣжавшая до точки $Б$, добѣжитъ до точекъ $Ж$ и $И$, свѣтовая волна заняла бы положеніе $C_2ЖВИC_2$. Но такъ какъ во II средѣ свѣтъ распространяется медленнѣе, то отъ точки $Б$ по второй средѣ успѣетъ образоваться волночка, радіусъ которой $БК$ будетъ меньше разстоянія $БВ$ во столько разъ, во сколько разъ скорость во II средѣ меньше скорости въ I средѣ, т.-е. во сколько разъ показатель преломленія больше 1.

Отъ сосѣднихъ съ $Б$ точекъ точно такъ же образуются меньшія волночки, какъ это показано на рисункѣ.

Такимъ образомъ при преломленіи на плоскости преломленная волна $ЖКИ$ будетъ менѣе выпуклою, чѣмъ была бы въ этотъ мо-

ментъ соотвѣтствующая часть *ЖВИ* падающей волны. Центръ *Ф* этой преломленной волны будетъ лежать на продолженіи перпендикуляра *АБ*, но дальше отъ поверхности раздѣла *НН*, и глазъ, помѣщенный въ средѣ II, будетъ видѣть изображеніе точки *А* въ этомъ болѣе далекомъ фокусѣ *Ф*.

То же самое можно описать, сказавъ, что расходящійся пучокъ лучей, исходящихъ отъ *А*, становится менѣе расходящимся послѣ перехода чрезъ поверхность раздѣла *НН*, каждый лучъ преломляется при этомъ переходѣ такъ, что приближается къ перпендикуляру къ поверхности раздѣла въ этомъ мѣстѣ.

Точно такъ же можно вывести, что расходящійся пучокъ лучей, переходя изъ болѣе преломляющей среды въ менѣе преломляющую, становится еще болѣе расходящимся, что свѣтовая волна становится еще болѣе выпуклою, и что изображеніе свѣтящейся точки оказывается ближе къ поверхности раздѣла, чѣмъ она сама. Въ послѣднемъ легко убѣдиться, если налить въ стаканъ немного воды и бросить на дно монету: монета и дно кажутся чрезъ верхнюю поверхность приподнятыми сравнительно съ тѣмъ, какъ мы ихъ видимъ сбоку. Этимъ же объясняется кажущійся изломъ палки, весла и т. п., опущенныхъ въ воду.

Для практики и науки гораздо важнѣе, однако, тѣ случаи, гдѣ свѣту приходится проходить чрезъ куски болѣе преломляющихъ веществъ, ограниченные частями выпуклыхъ или вогнутыхъ шаровыхъ поверхностей. Куски эти носятъ названіе *сферическихъ стеколъ* или *чечевицъ*.

Мы не станемъ разбирать подробно различныхъ случаевъ, которые можно разсмотрѣть такимъ же образомъ, какъ сдѣлано здѣсь по отношенію къ *сферическимъ* зеркаламъ и по отношенію къ плоской поверхности раздѣла двухъ средъ, а только приведемъ главнѣйшіе результаты.

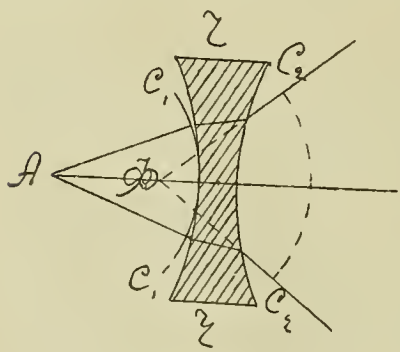


Рис. 63.

Если у насъ есть *двояковогнутая* чечевица *ЧЧ* (рис. 63), то крайнія части волны C_1C_1, которыя должны пройти болѣе толстыя части чечевицы, отстаютъ отъ среднихъ частей той же волны, и прошедшая сквозь чечевицу волна C_2C_2 оказывается болѣе выпуклою, чѣмъ была бы проходящая свободно; благодаря этому фокусъ *Ф* точки *А* лежитъ ближе къ чечевицѣ, чѣмъ свѣтящаяся точка.

То же самое можно описать, сказавъ, что двояковогнутая чечевица увеличиваетъ расхожденіе лучей. Поэтому такія чечевицы называются *разсѣивающими*. Если будетъ не одна свѣтящаяся точка, а свѣтящійся предметъ $АБ$ (рис. 64), то получается приближенное, уменьшенное, прямое и мнимое изображеніе его $аб$. Чѣмъ болѣе вогнуты передняя и задняя поверхности чечевицы, тѣмъ ближе это изображеніе къ чечевицѣ при томъ же разстояніи предмета.

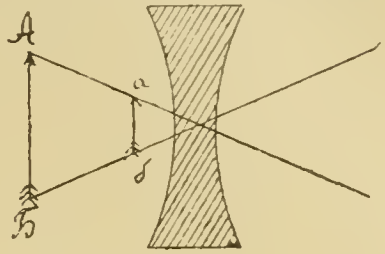


Рис. 64.

Разсѣивающія чечевицы примѣняются для очковъ для близорукихъ, которые не могутъ видѣть ясно достаточно далекіе предметы, т.-е. предметы, дающіе недостаточно выпуклыя волны, недостаточно расходящіеся лучи.

Если у насъ есть *двояковыпуклая* чечевица $ЧЧ$ (рис. 65), и свѣтящаяся точка $А$ находится близко отъ нея, то крайнія части волны C_1C_1, проходя чрезъ болѣе узкія части чечевицы, обгоняютъ среднія, получается менѣе выпуклая волна C_2C_2, менѣе расходящіеся лучи, чѣмъ было бы безъ чечевицы, и фокусъ $Ф$ лежитъ далѣе отъ чечевицы, чѣмъ источникъ свѣта $А$.

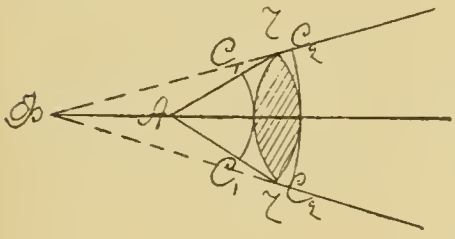


Рис. 65.

Если свѣтящуюся точку отдалять отъ чечевицы, то выпуклость прошедшей волны становится все меньше и меньше и, наконецъ, можетъ получиться плоская волна C_2C_2 (рис. 66), параллельные лучи.

Если свѣтящаяся точка лежитъ еще дальше отъ чечевицы, то среднія части волны C_1C_1 (рис. 67) настолько отстаютъ отъ крайнихъ, что получается вогнутая волна C_2C_2, которая, сойдясь въ фокусѣ $Ф$, превращается въ выпуклую волну C_4C_4, C_5C_5,

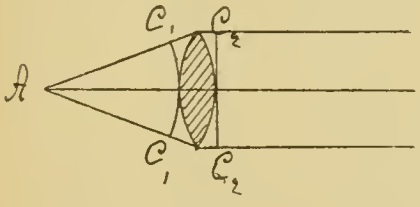


Рис. 66.

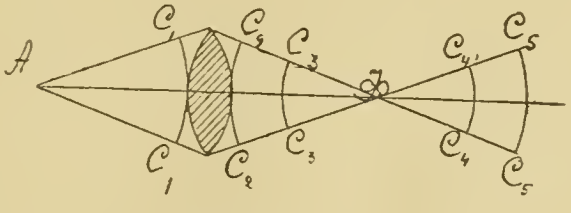


Рис. 67.

исходящую изъ этой точки. На языкѣ лучей преломленные лучи изъ расходящихся превращаются въ сходящіеся, что и даетъ поводъ называть такія чечевицы собирательными.

По мѣрѣ удаленія свѣтящейся точки отъ чечевицы фокусъ $Ф$ приближается къ чечевицѣ, сначала быстро, затѣмъ медленнѣе и медленнѣе и, наконецъ, когда свѣтящаяся точка находится очень далеко, перестаетъ приближаться. Это положеніе центра преломленной волны называется *главнымъ фокусомъ*, а его разстояніе отъ чечевицы — *главнымъ* фокуснымъ разстояніемъ.

Если у насъ цѣлый свѣтящійся предметъ $АБ$, то при близости его къ чечевицѣ $А_3Б_3$ на рис. 68 получается удаленное, увеличенное, прямое и мнимое изображеніе $а_3б_3$ съ той же стороны чечевицы, какъ источникъ свѣта. При большихъ же разстояніяхъ предмета $А_2Б_2$ и $А_1Б_1$ на рис. 68 получаются обратныя и дѣйствительныя изображенія съ другой стороны чечевицы, при чемъ если изображеніе удалено, то оно увеличено $б_2а_2$ на рис. 68; если оно приближено, то въ то же время и уменьшено $б_1а_1$ на рис. 68. При томъ же разстояніи предмета уменьшенное изображеніе предмета тѣмъ ближе къ чечевицѣ, чѣмъ болѣе выпуклы передняя и задняя поверхности чечевицы.

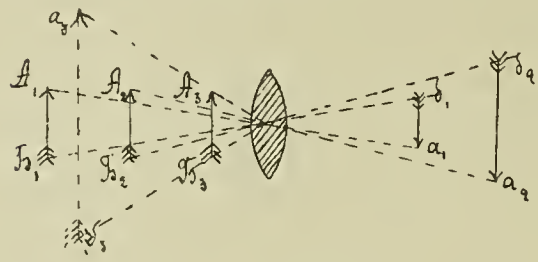


Рис. 68.

Собирательныя чечевицы примѣняются въ очкахъ для дальнозоркихъ, которые не могутъ видѣть ясно достаточно близкіе предметы, т.-е. предметы, дающіе слишкомъ выпуклыя волны, слишкомъ расходящіеся лучи. Такое же назначеніе имѣютъ и для нормальныхъ глазъ *увеличительныя стекла* или *лупы*,—такія же собирательныя чечевицы, которыми пользуются для разсматриванія очень близкихъ предметовъ.

Изъ соединенія различныхъ собирательныхъ и разсѣивающихъ стеколъ образуются *оптическіе приборы*, служащіе для разсматриванія въ большей подробности далекихъ предметовъ—*зрительныя трубы* или *телескопы*—и близкихъ предметовъ — *микроскопы*.

Если мы вспомнимъ еще о бинокляхъ, о фотографическихъ камерахъ, о волшебныхъ фонаряхъ, о кинематографахъ, наконецъ, о глазахъ человѣка и животныхъ, то станетъ яснымъ, какія разнообразныя примѣненія имѣютъ оптическія стекла.

15. Различные виды свѣта. Интерференція свѣта.

Вамъ, вѣроятно, случалось видѣть красивые разноцвѣтные зайчики, которые получаются, когда свѣтъ солнца падаетъ на какой-нибудь граненый стеклянный предметъ, и цвѣта которыхъ напоминаютъ цвѣта радуги. Если вы не обращали вниманія на это, то достаньте какой-нибудь граненый стеклянный предметъ, напр., трехгранную стеклянную подвѣску, какія бываютъ на люстрахъ, и помѣститесь съ такою *призмою* въ темной комнатѣ, сквозь щель въ ставнѣ окна которой проникаетъ пучокъ лучей солнечнаго свѣта. Если же солнце не свѣтитъ, возьмите лампу и помѣстите ее въ жестяный ящикъ, въ стѣнкѣ котораго продѣлайте узкое продолговатое вертикальное отверстіе.

Свѣтовыя волны бѣлаго свѣта, выходящія изъ такой *щели*, *Щ* (рис. 69), попадая на призму *П*, преломятся при вхожденіи въ стекло изъ воздуха и при выходѣ изъ стекла обратно въ воздухъ, но при этомъ оказываются раздѣленными на цѣлый рядъ разнообразнѣйшихъ волнъ. Однѣ изъ этихъ волнъ болѣе преломятся и болѣе отклонятся къ основанію *ав* призмы *П*, другія—преломятся менѣе и отклонятся менѣе. Вслѣдствіе этого экранъ *ЭК* — напр., кусокъ бѣлой бумаги, — помѣщенный на ихъ пути, окажется въ различныхъ мѣстахъ освѣщеннымъ различными волнами,—и вслѣдствіе различія между этими волнами покажется окрашеннымъ въ различные цвѣта.

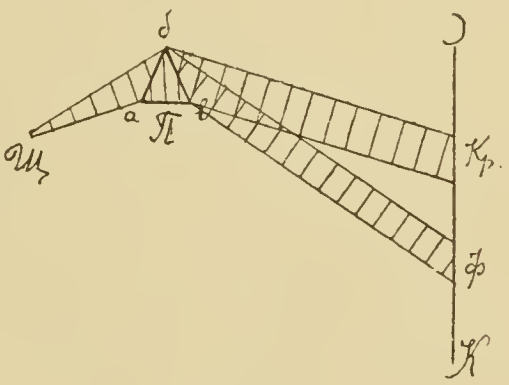


Рис. 69.

На основаніи такого опыта можно считать, что бѣлый свѣтъ состоитъ изъ совокупности различнѣйшихъ сортовъ волнъ, каждый изъ которыхъ вызываетъ въ нашемъ глазѣ впечатлѣніе опредѣленнаго цвѣта и каждый изъ которыхъ преломляется посвоему, т.-е. обладаетъ своею скоростью распространенія по стеклу. Если мы снова соединимъ всѣ эти волны, напр., собравъ ихъ чечевицею, то мы снова получимъ бѣлый свѣтъ.

Наименѣе преломляются волны краснаго свѣта, нѣсколько больше—желтаго, еще больше—зеленаго, а сильнѣе всѣхъ преломляются волны фіолетоваго свѣта. Та цвѣтная полоса, которая получается на экранѣ при преломленіи чрезъ призму бѣлаго свѣта, называется *спектромъ*, а цвѣта. составляющіе спектръ, называются *спектральными цвѣтами*.

Цвѣтъ постепенно измѣняется отъ одного конца спектра къ другому и, если спектръ достаточно широкъ, то можно выбрать въ немъ сколько угодно различныхъ цвѣтовъ. Обыкновенно, однако, ограничиваются семью наиболѣе рѣзко различаемыхъ цвѣтовъ, а именно различаютъ въ спектрѣ цвѣта: красный, оранжевый. желтый, зеленый, голубой, синій и фіолетовый.

Но изъ того, что волны краснаго свѣта распространяются по стеклу съ одною скоростью, а волны фіолетоваго свѣта—съ другою, слѣдуетъ, что различію въ нашихъ ощущеніяхъ, вызываемыхъ этими волнами, должно соотвѣтствовать различіе въ самыхъ волнахъ.

Чтобы разобраться, въ чемъ можетъ заключаться это различіе, обратимъ вниманіе на другіе случаи, когда обычно вполнѣ прозрачное тѣло кажется намъ разноцвѣтнымъ. Припомните, напр., мыльный пузырь, который, по мѣрѣ того, какъ его стѣнки утончаются, начинаетъ отливать разнообразными цвѣтами, тѣмъ болѣе яркими, чѣмъ тоньше стали стѣнки. Чтобы лучше разобраться въ этомъ явленіи, возьмите мыльной воды погуще (хорошо подбавить глицерину или раствору сахара), выдуйте пузырь, помѣстите его на блюдечко и покройте сверху стаканомъ, чтобы колебаніе воздуха не нарушали правильности хода явленія. Вы увидите, какъ мало-по-малу на верхушкѣ пузыря будутъ поочереди появляться кружки различныхъ цвѣтовъ, какъ эти кружки будутъ понемногу расширяться и обращаться въ кольца, внутри которыхъ будутъ появляться кружки другихъ цвѣтовъ; эти кружки, въ свою очередь, будутъ расширяться и превращаться въ кольца, спускающіяся къ низу пузыря. Цвѣта, появляющіеся наверху, становятся все ярче и ярче и, наконецъ, послѣ ярко-желтаго, ярко-зеленаго, ярко-фіолетоваго появляется черный кружокъ, который является провозвѣстникомъ того, что пузырь скоро лопнетъ.

Сдѣлайте тотъ же самый опытъ въ темной комнатѣ, освѣтивъ пузырь *желтымъ однороднымъ* свѣтомъ, т.-е. свѣтомъ, имѣющимъ одинъ изъ цвѣтовъ спектра. Освѣтите, напр., пузырь пламенемъ спирта, въ который набросано поваренной соли,—и вы увидите множество колецъ, поперемѣнно черныхъ и желтыхъ, которыя будутъ медленно спускаться внизъ. Если повторить тотъ же опытъ, освѣтивъ пузырь однороднымъ *краснымъ* пламенемъ спирта, въ который набросанъ хлористый литій, то получаются такія же кольца, поперемѣнно черныя и красныя. И если вы довольно быстро замѣните желтое пламя поваренной соли краснымъ пламенемъ хлористаго литія, то вы увидите,

что красныя кольца отстоятъ другъ отъ друга на большія разстоянія, чѣмъ желтыя.

Если бы мы освѣтили пузырь однороднымъ зеленымъ свѣтомъ, кольца лежали бы еще тѣснѣе другъ около друга, чѣмъ при освѣщеніи пузыря желтымъ свѣтомъ, а если бы освѣтили однороднымъ фіолетовымъ свѣтомъ, то—еще тѣснѣе,—и во всѣхъ случаяхъ пузырь лопается вскорѣ послѣ того, какъ на верхушкѣ появляется черный кружокъ.

Если въ моментъ появленія чернаго кружка освѣтить пузырь одновременно волнами всѣхъ цвѣтовъ, то верхній черный кружокъ будетъ одинаково чернымъ для всѣхъ цвѣтовъ, а остальныя кольца различныхъ цвѣтовъ будутъ находить другъ на друга. Первыя свѣтлыя кольца будутъ, однако, какъ видно изъ рис. 70, очень мало находить другъ на друга, и только дальше будетъ начинаться болѣе тѣсное совпаденіе ихъ: такъ третье зеленое кольцо совпадетъ съ четвертымъ фіолетовымъ, третье красное—съ пятымъ фіолетовымъ, четвертое желтое—съ шестымъ фіолетовымъ, четвертое красное—съ пятымъ зеленымъ и седьмымъ фіолетовымъ и т. д. Отсюда видно, что при освѣщеніи всѣми волнами, т.-е. бѣлымъ свѣтомъ, яркими будутъ только первыя кольца, которыя соотвѣтствуютъ самымъ тонкимъ слоямъ мыльной воды и которыя будутъ давать яркіе спектральные цвѣта, а дальше цвѣта будутъ *смѣшанными*, и будутъ все тускнѣе и тускнѣе.

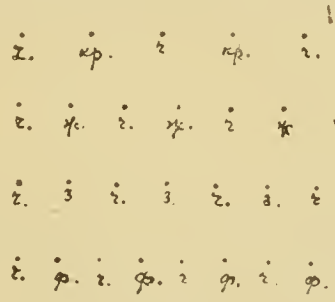


Рис. 70.

Такіе же цвѣта получаются и въ тѣхъ случаяхъ, когда прилегаютъ другъ къ другу два куска стекла, оставляя между собою очень тонкій слой воздуха, и въ тѣхъ случаяхъ, когда по поверхности воды распространяется тонкая пленка другой не смѣшивающейся съ нею жидкости, напр., масла, керосина, и въ тѣхъ случаяхъ, когда на металлѣ образуется тончайшій слой окисла—такъ называемые *побѣжалые цвѣта*.

Чѣмъ же объяснить то, что такіе красивые цвѣта получаются отъ всякаго тонкаго слоя прозрачнаго вещества,—будь это воздухъ, мыльная вода или грязный жиръ, плывущій по водѣ?

Объяснить все это легко, если предположить, что свѣтовыя волны—настоящія волны, въ родѣ волнъ звуковыхъ, волнъ, распространяющихся по веревкѣ, волнъ на поверхности воды. Если свѣтовыя волны—настоящія волны, то въ каждомъ мѣстѣ тонкой мыльной пленки встрѣчаются падающія волны, стре-

мящіяся пройти сквозь пленку, и волны, *отраженныя* отъ задней поверхности пленки и стремящіяся вернуться обратно. А при встрѣчѣ волнъ, бѣгущихъ въ двухъ взаимно-перпендикулярныхъ направленіяхъ, должны образоваться стоячія волны съ узлами и пучностями на равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Если на передней поверхности будетъ приходиться пучность, т.-е. будутъ очень сильныя *свѣтовыя колебанія*, то пластинка будетъ тамъ казаться свѣтлою; если же на передней поверхности будетъ приходиться узелъ, т.-е. свѣтовыя колебанія будутъ ничтожны, то пластинка будетъ казаться тамъ черною.

Отъ стоячихъ волнъ у задней поверхности пленки будетъ *узелъ*, на разстояніи четверти длины волны отъ него будетъ *пучность*, на разстояніи четверти длины волны отъ нея, т.-е. на разстояніи двухъ четвертей длины волны отъ задней поверхности, будетъ снова узелъ; на разстояніи трехъ четвертей длины отъ задней поверхности будетъ снова пучность, на разстояніи четырехъ четвертей — снова узелъ, пяти—пучность, шести—узелъ и т. д., какъ это изображаетъ рис. 71. Поэтому, если толщина пластинки будетъ соотвѣтствовать одной, тремъ, пяти, короче, нечетному числу четвертей длины волны, то пластинка будетъ казаться свѣтлою, если толщина пластинки будетъ соотвѣтствовать двумъ, четыремъ, шести—короче, четному числу четвертей длины волны, то пластинка будетъ казаться черною.

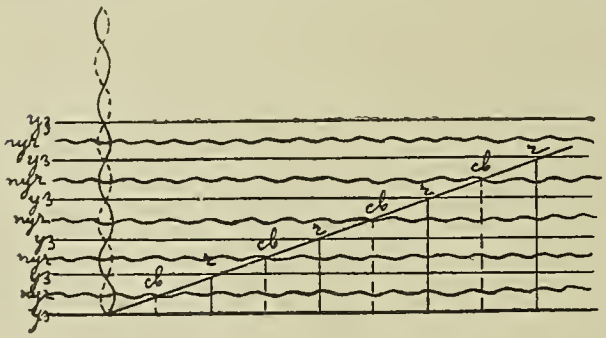


Рис. 71.

При постепенномъ утолщеніи пленки на ея передней поверхности будетъ происходить поочереди смѣна узловъ пучностями, а пучностей узлами, и такая смѣна очень ясно должна быть замѣтна, если пленка сама по себѣ имѣетъ въ различныхъ мѣстахъ толщину, различную и притомъ постепенно увеличивающуюся отъ одного мѣста къ другому. Такъ будетъ у васъ,—если вы продѣлаете описанный здѣсь опытъ,—въ случаѣ мыльнаго пузыря, и онъ при освѣщеніи однороднымъ свѣтомъ и даетъ отчетливую смѣну свѣтлыхъ и темныхъ мѣстъ.

Зная толщину мыльной пленки или тонкаго слоя другого прозрачнаго вещества, дающаго такіе же *интерференціонные*

цвѣта, можно опредѣлить и величину длины волны свѣта соотвѣтствующаго цвѣта. Изъ того, что при освѣщеніи пузыря краснымъ свѣтомъ кольца дальше отстоятъ другъ отъ друга, чѣмъ при освѣщеніи его желтымъ свѣтомъ, а при освѣщеніи желтымъ свѣтомъ—дальше, чѣмъ при освѣщеніи фіолетовымъ, прямо слѣдуетъ (рис. 72), что длина волны краснаго свѣта *больше* длины волны желтаго свѣта, а длина волны желтаго свѣта *больше* длины волны фіолетоваго свѣта. И, въ самомъ дѣлѣ, измѣренія показываютъ, что длина волны *краснаго* цвѣта лежитъ между 7—8 *десятитысячными* долями *миллиметра*, желтаго—между 5—6 десятитысячными миллиметра, *фіолетоваго* — около 4 десятитысячныхъ.

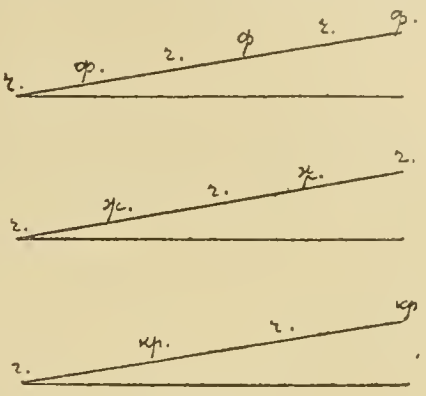


Рис. 72.

Ничтожность длинъ свѣтовыхъ волнъ является причиною, почему явленія загибанія свѣта за края препятствій—такъ называемая *диффракція* свѣта — легко наблюдаются лишь въ исключительныхъ случаяхъ. Въ самомъ дѣлѣ, *малымъ* препятствіемъ для свѣтовыхъ волнъ будетъ препятствіе толщиною въ 1—2 десятитысячныхъ миллиметра, т.-е. такое, какое простымъ глазомъ почти невозможно разсмотрѣть,—да и источникъ свѣта долженъ быть тоже очень малыхъ размѣровъ.

Если у краснаго свѣта длина волны больше, чѣмъ у желтаго, зеленаго и фіолетоваго, то, значитъ, колебанія у красныхъ свѣтовыхъ волнъ должны происходить рѣже, чѣмъ у желтыхъ свѣтовыхъ волнъ, у желтыхъ—рѣже, чѣмъ у зеленыхъ, у зеленыхъ—рѣже, чѣмъ у фіолетовыхъ. Впрочемъ, слово «рѣже» какъ-то не вполнѣ подходитъ къ свѣтовымъ колебаніямъ, такъ какъ частота ихъ невообразимо громадна. Въ самомъ дѣлѣ, возьмемъ, напр., красный свѣтъ, длина волны котораго равна $7^1/_2$ десятитысячнымъ миллиметра. 4 такихъ волны занимаютъ всего 3 тысячныхъ миллиметра, такъ что на протяженіи 3-хъ миллиметровъ помѣщается ихъ 4 тысячи, и, слѣдовательно, когда успѣетъ совершиться 4 тысячи свѣтовыхъ колебаній краснаго свѣта, свѣтъ успѣетъ распространиться всего на 3 миллиметра. Вспомнимъ теперь, что свѣтъ распространяется со скоростью *трехсотъ тысячъ километровъ* въ секунду, т.-е. на триста милліоновъ метровъ или на триста милліардовъ миллиметровъ въ секунду. А за то время, какъ красный свѣтъ распространяется на

3 миллиметра, совершается 4 тысячи свѣтовыхъ колебаній. Значитъ, за секунду въ красномъ свѣтѣ совершается сто милліардовъ разъ 4 тысячи, т.-е. четыреста биллліоновъ или 400,000,000,000,000 колебаній въ секунду.

А у желтыхъ волнъ колебаній еще на сто биллліоновъ въ секунду больше, у фіолетовыхъ же—на триста.

16. Цвѣта тѣлъ.

Стоячими волнами, образующимися подъ вліяніемъ свѣтовыхъ волнъ, объясняется цвѣтъ очень тонкихъ пластинокъ тѣлъ, вполнѣ прозрачныхъ въ другихъ условіяхъ. Посмотримъ теперь, отъ чего зависитъ цвѣтъ такихъ тѣлъ, которыя обладаютъ собственнымъ цвѣтомъ, не только при очень малой толщинѣ.

Нужно различать цвѣтъ тѣлъ непрозрачныхъ—цвѣтъ, который они обнаруживаютъ при отраженіи отъ нихъ свѣта или, какъ говорятъ,—въ отраженномъ свѣтѣ,—и цвѣтъ тѣлъ прозрачныхъ—цвѣтъ, который они обнаруживаютъ при прохожденіи свѣта сквозь нихъ или, какъ говорятъ,—въ проходящемъ свѣтѣ.

Сдѣлайте тотъ опытъ со спектромъ, который описанъ выше, и помѣщайте передъ экраномъ разноцвѣтные непрозрачные предметы,—напр., мотки шерсти, куски цвѣтной бумаги и т. п. Если взять мотокъ красной шерсти, то онъ въ красной части спектра будетъ казаться ярко-краснымъ, въ желтой—слабо-желтымъ, а въ синей и фіолетовой—почти совершенно чернымъ. Если же взять мотокъ зеленой шерсти, то онъ будетъ ярче всего въ зеленой части спектра и будетъ почти совершенно темнымъ въ красной и фіолетовой. Отсюда видно, что мы называемъ красными тѣ непрозрачные предметы, которые разсѣиваютъ преимущественно красныя волны; зелеными—тѣ предметы, которые разсѣиваютъ преимущественно зеленыя волны и т. д. Замѣчу, что не существуетъ предметовъ, которые были бы, напр., чистаго спектральнаго краснаго цвѣта и разсѣивали бы только красныя волны, *поглощая* всѣ остальныя.

Бѣлымъ мы называемъ такой предметъ, который разсѣиваетъ всякія волны, чернымъ—такой, который поглощаетъ всякія волны и не разсѣиваетъ никакихъ.

Попробуемъ теперь взять нѣсколько цвѣтныхъ прозрачныхъ тѣлъ—куски разноцвѣтныхъ стеколъ или разноцвѣтной желатины, какая примѣняется, напр., для елочныхъ украшеній,

склянки съ цвѣтными жидкостями — и помѣщать ихъ на пути лучей, идущихъ отъ щели *Щ* (рис. 69) къ экрану *ЭК*. Если возьмемъ красный прозрачный предметъ и помѣстимъ его либо гдѣ-нибудь между щелью и призмою, либо гдѣ-нибудь между призмою и экраномъ (только поближе къ призмѣ), то увидимъ, что чрезъ этотъ предметъ проходятъ преимущественно красныя волны, чрезъ синее стекло проходятъ преимущественно синія волны, чрезъ зеленое — преимущественно зеленыя и т. д.

Такимъ образомъ, въ сущности, тѣла сами по себѣ не обладаютъ цвѣтомъ, а лишь вносятъ соотвѣтствующія измѣненія въ падающій на нихъ или проходящій сквозь нихъ свѣтъ. Измѣненія эти заключаются въ ослабленіи того или другого сорта волнъ, такъ что о цвѣтѣ тѣлъ можно, въ сущности, говорить только въ томъ случаѣ, когда на тѣло падаютъ всевозможныя свѣтовыя волны, т.-е. свѣтъ бѣлый или близкій къ бѣлому. Если же мы освѣтимъ цвѣтныя тѣла однороднымъ свѣтомъ, то они будутъ казаться либо этого свѣта, либо черными. Возьмите, напр., рядъ разноцвѣтныхъ предметовъ и освѣтите ихъ въ темной комнатѣ пламенемъ спирта съ поваренною солью: всѣ предметы казались бы либо ярко-желтыми, либо очень слабо-желтыми — сѣрыми, либо черными, если бы въ пламени спирта съ солью не было небольшой примѣси бѣлаго свѣта, которая вноситъ нѣкоторыя измѣненія. Но все-таки цвѣтъ тѣлъ при освѣщеніи такимъ пламенемъ настолько рѣзко измѣняется, что очень трудно догадаться, какой цвѣтъ имѣютъ тѣ же тѣла въ бѣломъ свѣтѣ: лицо становится мертвенно желтымъ, губы — черными.

Наблюденія показываютъ, что всякое накаленное твердое или жидкое (напр., расплавленный чугунъ) тѣло даетъ *непрерывный* спектръ—всѣ цвѣта, отъ краснаго до фіолетоваго. При этомъ, чѣмъ сильнѣе накалено тѣло, тѣмъ, сравнительно ярче фіолетовый конецъ. Отъ тѣлъ, накаленныхъ «докрасна», фіолетовая часть спектра очень слаба, слаба и зеленая; у тѣлъ, накаленныхъ до «вишневаго каленія», фіолетовая часть тоже еще слаба, но зеленая уже довольно ярка; у тѣлъ, накаленныхъ «добѣла», ярка уже и фіолетовая часть.

Подобно тому, какъ есть звуки, настолько высокіе, что не всѣ люди ихъ слышатъ, и, наконецъ,—звуки, настолько высокіе, что всѣ люди ихъ не слышатъ, есть и такіе виды свѣта, которыхъ не видятъ нѣкоторые люди, и есть такіе виды свѣта, которыхъ не видитъ ни одинъ глазъ. Въ самомъ дѣлѣ, если помѣстить за красной частью спектра очень чувствительный термометръ, то

онъ обнаружитъ здѣсь нагрѣваніе; если же за фіолетовой частью помѣстить фотографическую пластинку, то она по проявленіи окажется потемнѣвшей. Слѣдовательно, и за предѣлами видимаго нами свѣта имѣются волны, невидимыя глазомъ, но познаваемыя нами по ихъ тепловымъ или химическимъ дѣйствіямъ. Первыя волны—за красной частью спектра—носятъ названіе инфракрасныхъ, вторыя—ультрафіолетовыхъ.

Чѣмъ выше температура твердаго или жидкаго тѣла, тѣмъ богаче испускаемый ими свѣтъ ультрафіолетовыми лучами и тѣмъ дальше мѣсто наибольшей яркости въ спектрѣ отъ краснаго конца. Наоборотъ, чѣмъ ниже температура тѣла, тѣмъ меньше ультрафіолетовыхъ лучей въ свѣтѣ этого тѣла и тѣмъ ближе мѣсто наибольшей яркости въ спектрѣ къ красному его концу. Въ свѣтѣ тѣла, лишь настолько нагрѣтаго, что оно только-только свѣтится темно-краснымъ цвѣтомъ, нѣтъ вовсе ультрафіолетовыхъ волнъ, еле замѣтны всѣ цвѣта спектра, кромѣ краснаго,—и наиболѣе замѣтною частью спектра являются инфракрасныя волны, невидимыя глазомъ, но ощущаемыя, напр., поверхностью нашей кожи, какъ теплота. Такую же *лучистую теплоту* испускаютъ и тѣла, нагрѣтыя, но не свѣтящіяся, напр., натопленная печь, кипящій самоваръ, стаканъ съ горячимъ чаемъ, тѣло человѣка. Такія тѣла испускаютъ только инфракрасныя волны, распространяющіяся, отражающіяся, преломляющіяся совершенно такъ же, какъ волны *видимой части* спектра, но не дѣйствующія на глазъ и потому заслуживающія названіе *невидимаго свѣта*.

Если же у насъ свѣтится накаленный газъ или паръ, какъ въ случаѣ пламени спирта съ поваренною солью, въ которомъ имѣются накаленные пары металла натрія (поваренная соль есть ни что иное, какъ хлористый натрій), то получается спектръ *прерывчатый*. Такой спектръ состоитъ изъ одной или нѣсколькихъ линій, занимающихъ вполнѣ опредѣленныя мѣста въ спектрѣ и соотвѣтствующихъ вполнѣ опредѣленнымъ числамъ колебаній.

Изучивъ спектры паровъ различныхъ металловъ и другихъ простыхъ тѣлъ, мы можемъ, благодаря этому постоянству мѣстъ этихъ *спектральныхъ линій*, по спектру какого-нибудь свѣтящагося тѣла сказать, что это тѣло представляетъ собою раскаленные пары такихъ-то металловъ. Такимъ образомъ мы по свѣту испускаемому тѣлами, можемъ сказать, каковъ ихъ составъ. Такой способъ опредѣленія состава тѣлъ называется *спектральнымъ анализомъ*, и онъ позволилъ разрѣшить вопросъ, разрѣшеніе котораго казалось несбыточною мечтою еще въ первой

половинѣ прошлаго столѣтія, а именно вопросъ о составѣ небесныхъ свѣтилъ, какъ объ этомъ вы подробнѣе можете узнать въ отдѣлѣ «Астрономія». Спектральный анализъ далъ также возможность открыть рядъ тѣлъ, которыя до тѣхъ поръ не были отдѣлены отъ другихъ и потому не были извѣстны: въ спектрѣ тѣла оказывались линіи, не принадлежащія ни одному изъ извѣстныхъ до тѣхъ поръ тѣлъ,—и, подвергая тѣло воздѣйствію, напр., той или другой кислоты и изучая спектръ той части, которая растворялась, и той части, которая оставалась нерастворенною, можно было узнать, гдѣ находится разыскиваемое новое вещество — въ растворѣ или въ осадкѣ,—и такимъ путемъ отдѣлить его и получить въ чистомъ видѣ.

Въ заключеніе разсмотримъ, въ какой средѣ распространяются свѣтовыя волны. Обыкновенное «осязаемое» вещество только препятствуетъ ихъ распространенію, и свободнѣе всего—быстрѣе всего и безъ всякаго поглощенія—распространяются свѣтовыя волны по такъ называемой *пустотѣ*—по пространству, изъ котораго удалено всякое осязаемое вещество. Чтобы объяснить, какъ распространяются по такой пустотѣ свѣтовыя волны, въ физикѣ дѣлается предположеніе, что эта пустота заполнена особымъ неосязаемымъ веществомъ, которому дано названіе *эфира*. Эфиръ считается проникающимъ во всѣ осязаемыя вещества, частицы которыхъ какъ бы омываются со всѣхъ сторонъ эфиромъ; при движеніи вещественныхъ тѣлъ эфиръ остается на мѣстѣ подобно тому, какъ вода въ озерѣ остается на мѣстѣ при движеніи въ ней стада рыбъ. Такъ какъ всякое тѣло представляетъ собою для эфира то же, что рѣшето для воды, то удалить эфиръ изъ какого-нибудь сосуда мы не можемъ никакъ,—и пустота, при этой точкѣ зрѣнія, представляетъ не что иное, какъ чистый эфиръ.

Эфиръ, находящійся внутри вещественныхъ тѣлъ, обладаетъ иными свойствами, чѣмъ эфиръ пустоты, и потому въ прозрачныхъ тѣлахъ свѣтовыя волны распространяются съ иною скоростью, чѣмъ въ пустотѣ.

Допущеніе эфира является одною изъ наиболѣе необходимыхъ и наиболѣе достовѣрныхъ гипотезъ (предположеній) физики. Эта гипотеза является тѣмъ плодотворнѣе, что на ней современная физика основываетъ объясненіе другихъ важныхъ явленій электричества и магнетизма и устанавливаетъ связь между такими, казалось бы, разнородными явленіями, какъ электричество, магнетизмъ и свѣтъ.

17. Электричество и магнетизмъ.

Основныя электрическія и магнитныя явленія.

Въ первой статьѣ отдѣла «Физика» мы упоминали о томъ, что существуютъ такіе физическіе дѣятели, которые непосредственно на человѣка не дѣйствуютъ, по отношенію къ которымъ мы какъ бы слѣпы, какъ бы глухи. Мы указали тамъ три такихъ дѣятеля—электричество, магнетизмъ и электрическій токъ. Дѣятели эти могутъ вызывать цѣлый рядъ разнообразныхъ явленій, которыя мы познаемъ при посредствѣ одного изъ нашихъ внѣшнихъ чувствъ, и по которымъ мы судимъ о наличности недоступныхъ намъ непосредственно явленій—*явленій электрическихъ, явленій магнитныхъ* и *явленій электрическаго тока*, — и о наличности соотвѣтствующихъ видовъ энергіи—*энергіи электрической, энергіи магнитной* и *энергіи электрическаго тока*.

Между этими видами энергіи существуетъ тѣсная связь, но прежде, чѣмъ подойти къ ознакомленію со связью этихъ трехъ видовъ энергіи между собою и съ другими, уже знакомыми намъ видами энергіи, нужно ознакомиться, хотя бы въ общихъ чертахъ, съ явленіями электрическими, явленіями магнитными и явленіями электрическаго тока.

Начнемъ съ явленій электрическихъ, называемыхъ часто—въ отличіе отъ явленій электрическаго тока—*электростатическими*.

Если мы натремъ стеклянную палочку сухою кожей, то послѣ того, какъ она охладится отъ нагрѣванія треніемъ, мы не замѣтимъ въ ней никакихъ перемѣнъ, сравнительно съ первоначальнымъ ея состояніемъ. Между тѣмъ, проводя палочкой надъ головой, мы замѣтимъ, что волосы какъ бы приподнимаются, а взявъ мелкихъ обрѣзковъ бумаги, соломы, шелка, и приближая къ нимъ палочку, мы увидимъ, какъ эти легкіе предметы притягиваются къ палочкѣ.

Электризуя такимъ же образомъ стеклянную палочку въ темнотѣ и приближая къ ней въ темнотѣ палецъ, мы увидимъ, что изъ палочки въ палецъ проскочитъ маленькая искорка, сопровождающаяся легкимъ трескомъ. Чѣмъ больше будемъ электризовать стеклянную палочку, тѣмъ болѣе замѣтныя искры и болѣе замѣтный трескъ можемъ мы извлекать при помощи такой палочки. Если же мы имѣемъ особый приборъ для полученія электричества—*электрическую машину*,—то при ея помощи можно получать уже замѣтныя искры съ сильнымъ трескомъ.

Подобную же электрическую искру, но только огромныхъ размѣровъ, представляетъ собою молнія, а громъ есть трескъ отъ этой искры.

Отсюда видно, что электрическія явленія могутъ быть болѣе и менѣе значительными, а слѣдовательно, очень важно научиться ихъ измѣрять. Для этого, однако, нужно предварительно познакомиться ближе съ нѣкоторыми свойствами того дѣятеля—электричества,—которому приписываются эти явленія.

Электричество обладаетъ тѣмъ интереснымъ свойствомъ, что его можно передавать отъ одного тѣла къ другому. Возьмемъ, напримѣръ, металлическій или деревянный шарикъ и подвѣсимъ его на шелковой ниточкѣ къ крючку, укрѣпленному на подставкѣ. Проведемъ по шарику наэлектризованною стеклянною палочкой, затѣмъ поднесемъ къ шарику обрѣзки бумаги, шелка и т. п. Мы увидимъ, что они подпрыгнутъ и пристанутъ къ шарику. Заключаемъ отсюда, что при прикосновеніи однимъ тѣломъ къ другому электричество переходитъ отъ одного тѣла къ другому.

Произведемъ еще слѣдующій опытъ. Возьмемъ двѣ палочки: одну *cd* изъ стекла, другую *ав* изъ мѣди, положимъ ихъ на сухія стеклянныя палочки такъ, чтобы первыя двѣ палочки нигдѣ не прикасались непосредственно къ столу (см. рис. 73). Прикоснемся теперь наэлектризованною стеклянною палочкой къ концамъ *в* и *d*, положенныхъ мѣдной и стеклянной палочекъ.

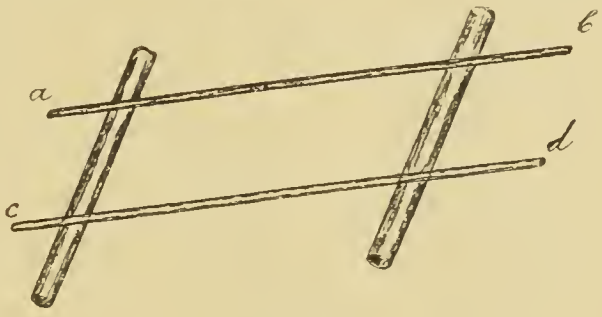


Рис. 73.

Поднося въ рукѣ къ этимъ концамъ обрѣзки бумаги и проч., мы обнаружимъ притяженіе легкихъ тѣлецъ къ этимъ концамъ: къ мѣди—болѣе сильное, а къ стеклу—слабѣе. Мы не удивляемся притяженію въ этихъ концахъ, такъ какъ предыдущій опытъ объясняетъ намъ это явленіе. Теперь приблизимъ тѣ же обрѣзки къ концамъ *а* и *с*,—и мы увидимъ, что здѣсь они пристаютъ къ концу *а* мѣдной и не пристаютъ къ концу *с* стеклянной палочки. Значитъ, заключаемъ мы, стеклянная палочка сохраняетъ электричество только тамъ, гдѣ она его получила, мѣдная же распространяетъ по всей своей длинѣ, отъ одного конца къ другому. Изслѣдуя другіе матерьялы: смолу, желѣзо, цинкъ и т. д., мы убѣдимся, что всѣ тѣла природы по отношенію къ электричеству раздѣляются на два рѣзко отличающіеся другъ отъ друга разряда.

1. Одни тѣла, получивъ электричество въ одномъ мѣстѣ, очень медленно и на очень недалекія разстоянія передаютъ его въ сосѣднія мѣста.

2. Другія тѣла, получивъ электрическое состояніе въ одномъ мѣстѣ, передаютъ его весьма быстро во всѣ стороны къ другимъ своимъ точкамъ.

Первыя тѣла называются *проводниками электричества*, вторыя—*непроводниками*. Проводники суть: металлы, сырое дерево, уголь. Непроводники — жиры, масла, различныя смолы, шелкъ, сухое стекло, газы. Болѣе подробныя изслѣдованія показываютъ, что въ сущности нельзя такъ рѣзко разграничивать тѣла: отъ *хорошихъ* проводниковъ (металловъ) къ *плохимъ* («непроводникамъ») существуетъ послѣдовательный переходъ,—есть такія тѣла, которыя передаютъ электричество не очень медленно и не очень быстро («полупроводники»). Сами металлы различаются своею способностью проводить электричество: мѣдь, напримѣръ, лучше проводитъ электричество, чѣмъ желѣзо. Но съ такимъ послѣдовательнымъ переходомъ проводимости электричества отъ хорошей къ плохой, приходится имѣть дѣло, главнымъ образомъ, при изученіи явленій электрическаго тока, а при изученіи электрическихъ явленій достаточно говорить о проводникахъ и непроводникахъ, подразумѣвая подъ первыми такіе матеріалы, какъ металлъ, и подъ вторыми: стекло, жиръ, масло, воздухъ и т. п.

Если желательно собранное на какомъ-нибудь тѣлѣ электричество сохранить, то его надо отдѣлить отъ земли или отъ пола непроводниками, надо его, какъ говорится, *изолировать*. Въ этомъ слыслѣ слово «непроводникъ» замѣняется иногда словомъ «*изоляторъ*». Если проводникъ не изолированъ, то онъ отдаетъ электричество соприкасающимся съ нимъ проводникамъ и его электричество распредѣляется между всѣми этими тѣлами.

Употребляя слова «изолированный проводникъ», мы будемъ тѣмъ самымъ выражать, что проводникъ или подвѣшенъ на нити изъ непроводящаго вещества—шелковой, стеклянной, кварцовой [1]),—или установленъ на ножкѣ изъ непроводника,—стекла, эбонита [2]) и т. п., или вообще отдѣленъ отъ другихъ проводниковъ слоемъ какого-нибудь непроводника.

Произведемъ такой опытъ: возьмемъ стеклянную палочку, подвѣсимъ ее на двухъ нитяхъ и наэлектризуемъ ее. Затѣмъ приблизимъ къ ней другую наэлектризованную стеклянную па-

---

[1]) Кварцъ или горный хрусталь—особая горная порода, представляющая красивые прозрачные кристаллы, изъ которыхъ недавно научились вытягивать (при сильномъ нагрѣваніи и размягченіи) тончайшія нити.

[2]) Эбонитъ—особымъ образомъ обработанная резина.

лочку. Мы увидимъ, что подвѣшенная палочка отталкивается. Если стеклянныя палочки замѣнить эбонитовыми или палочками сургуча, натираемыми шерстяною матеріею или мѣхомъ и т. и., и производить опыты такіе же, какъ со стеклянными палочками, то во всѣхъ случаяхъ мы будемъ замѣчать отталкиваніе. Несомнѣнно, что, если мы наэлектризуемъ одну стеклянную палочку, то на ней получается то же электричество, что и на другой стеклянной палочкѣ. Называя *одноименными* тѣ электричества, которыя получаются или на стеклѣ, или на эбонитѣ, или на сургучѣ и т. д., мы приходимъ къ слѣдующему закону: «тѣла, наэлектризованныя одноименными электричествами, отталкиваются».

Если мы наэлектризуемъ и подвѣсимъ стеклянную палочку и поднесемъ къ ней наэлектризованную палочку сургуча, то, увидимъ притяженіе подвѣшенной стеклянной. Если же мы подвѣсимъ наэлектризованную эбонитовую и поднесемъ къ ней наэлектризованную сургучную, то увидимъ, что палочки отталкиваются.

Изъ этихъ простыхъ опытовъ мы выводимъ заключеніе, что на стеклѣ, натертомъ кожею, развивается не такое электричество, какъ на сургучѣ, натертомъ шерстяною матеріею, ибо они притягиваютъ другъ друга. Если бы эти электричества были одноименны, то оттолкнули бы, какъ въ предыдущихъ опытахъ.

Что же касается палочекъ эбонитовой и сургучной, то на нихъ, очевидно, электричества одноименны.

Такъ какъ возможны только притяженія и отталкиванія, то, сравнивая всѣ электричества, напр. съ электричествомъ, получаемымъ на стеклѣ при натираніи кожею, мы должны раздѣлить всѣ электричества только на два разряда: одноименное со «стеклянным» и неодноименное. Вмѣсто слова «неодноименное» употребляется часто слово «противоположное».

Опытъ показываетъ, что при треніи двухъ тѣлъ одно о другое, они электризуются оба противоположными электричествами: одно электризуется такъ, какъ стекло, другое—такъ, какъ сургучъ.

Каждое порознь изъ этихъ электричествъ проявляетъ себя, но взятые вмѣстѣ они какъ бы пропадаютъ, какъ бы уничтожаясь одно другимъ и не проявляя себя вмѣстѣ ничѣмъ. Напримѣръ, если кожей натереть стеклянную палочку и, оставляя кожу висѣть на концѣ палочки, приближать этотъ конецъ къ легкимъ тѣльцамъ, то они не будутъ стремиться притянуться къ концу палочки. Значитъ, противоположныя электричества уничтожаютъ одно другое. По этимъ соображеніямъ одному разряду электри-

чества дано названіе *положительнаго*, а другому—*отрицательнаго*. Положительнымъ называютъ то электричество, которое развивается на стеклѣ при натираніи кожей и всякое другое, одноименное съ нимъ. Электричество же сургуча при натираніи его шерстяною матеріей и всякое одноименное съ нимъ, называютъ отрицательнымъ. Положительное электричество обозначаютъ знакомъ +, а отрицательное—знакомъ —.

Зная объ электрическихъ притяженіяхъ и отталкиваніяхъ, мы можемъ понять устройство *электроскоповъ* и *электрометровъ*,—приборовъ, служащихъ для обнаруженія электричества и сужденія о степени наэлектризованности тѣлъ.

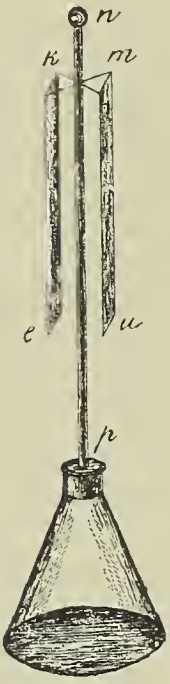


Рис. 74.

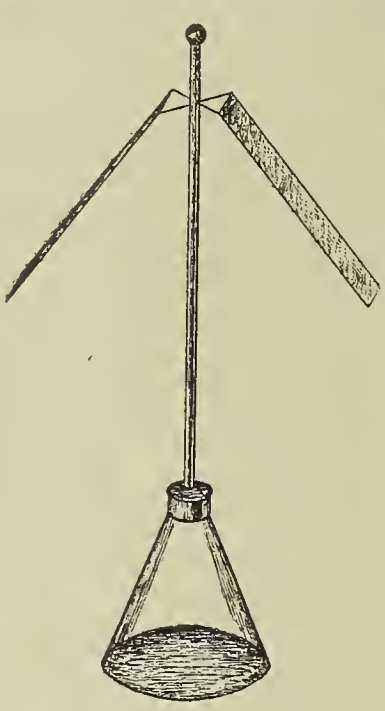


Рис. 75.

Простѣйшій электроскопъ изображенъ на рисункѣ 74. Онъ состоитъ изъ изолированнаго металлическаго стержня *пр* съ прикрѣпленными къ нему двумя проволочными петлями *k* и *m*. Къ этимъ петлямъ прилѣплены листики папиросной бумаги *ke* и *mu*. Стержень изолированъ при помощи склянки и держится своимъ концомъ въ пробкѣ, вставленной въ горлышко склянки [1]). На другомъ концѣ *n* стержня — металлическій шарикъ. Если къ такому прибору прикоснуться наэлектризованнымъ тѣломъ, то отъ прикосновенія часть электричества съ тѣла перейдетъ на стержнь и листки электроскопа. Всѣ эти три тѣла (стержень, тотъ и другой листикъ) станутъ отталкиваться, и листочки разойдутся, какъ показано на рис. 75.

Такъ какъ вышеописанный приборъ мало чувствителенъ вслѣдствіе тяжести листковъ и плохой изоляціи, то въ болѣе совершенныхъ электроскопахъ къ стержню прикрѣпленъ одинъ или два очень тонкихъ листковъ золота или алюминія. Самый стержень пропускается черезъ стѣнку круглой или четыреуголь-

[1]) Хорошо пробку выварить въ расплавленномъ стеаринѣ или, еще лучше, парафинѣ.

ной металлической коробки, при чемъ послѣдняя не изолируется. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ стержень проходитъ черезъ стѣнку коробки, онъ окруженъ какимъ-нибудь хорошимъ изоляторомъ (янтаремъ или эбонитомъ). Различные электроскопы этого рода отличаются числомъ листочковъ (достаточно одного),—тѣмъ, какой изоляторъ отдѣляетъ стержень отъ коробки, формою коробки, приспособленіями для измѣренія величины отклоненія листочковъ (на рис. 76 шкала съ дѣленіями).

Подобные приборы не могутъ, однако, обнаруживать электризацію, когда она очень слаба, такъ какъ въ этихъ случаяхъ электрическія силы не могутъ настолько одолѣвать силу тяжести листковъ, чтобы можно было замѣтить ихъ отклоненіе. Въ настоящее время умѣютъ, однако, изъ разныхъ матеріаловъ—металловъ, стекла, кварца — приготовлять такія тонкія нити, что закрутить ее гораздо легче, чѣмъ поднять самый тонкій золотой листокъ. Поэтому для обнаруженія очень слабыхъ электрическихъ силъ прибѣгаютъ именно къ крученію нитей.

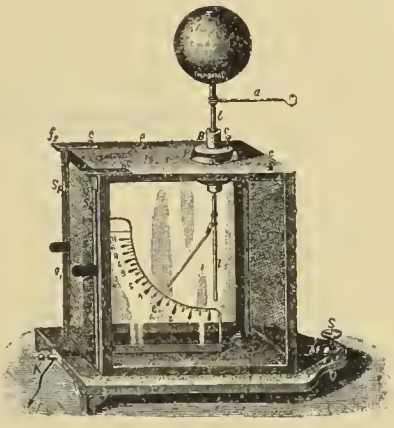


Рис. 76.

Электроскопы и электрометры, такимъ образомъ, представляютъ собою какъ бы электрическій глазъ, и единственное неудобство заключается лишь въ томъ, что этотъ глазъ далеко не у каждаго въ распоряженіи.

Мы видѣли до сихъ поръ, что одно тѣло можетъ электризоваться за счетъ другого или черезъ соприкосновеніе или черезъ проводимость тѣлъ. Нѣчто отличное отъ этого замѣтимъ мы въ слѣдующемъ опытѣ. Возьмемъ нашъ электроскопъ и станемъ приближать къ нему наэлектризованное тѣло. Мы увидимъ, что когда тѣло находится еще на довольно большомъ разстояніи отъ электроскопа, листочки его начинаютъ замѣтно расходиться. Уносимъ подальше тѣло, — листочки спадаютъ; снова приближаемъ тѣло,—листочки снова расходятся. Изъ такого простого опыта мы видимъ, что тѣло (въ нашемъ случаѣ электроскопъ) электризуется не только приходя въ соприкосновеніе съ наэлектризованнымъ тѣломъ, но и находясь на нѣкоторомъ разстояніи отъ наэлектризованнаго. При этомъ, очевидно, тѣло, электризуясь такимъ образомъ, сразу получаетъ оба электричества, и положительное и отрицательное, и въ равныхъ количествахъ, такъ какъ по удаленіи наэлектризованной палочки листочки электроскопа спадаютъ, а значитъ, на немъ были оба электриче-

ства, которыя уничтожали другъ друга, какъ только отведено возбудившее ихъ электричество. Слѣдующій опытъ еще болѣе убѣдитъ насъ въ сказанномъ: возьмемъ длинный проводникъ формы, представленной на рисункѣ 77. Прикрѣпимъ на концахъ и посрединѣ этого проводника стержни съ бузинными маятниками [1]). Поднесемъ теперь сильно наэлектризованную стеклянную палочку къ одному концу нашего проводника. Мы увидимъ, что маятники на крайнихъ стержняхъ разойдутся, и одни, ближайшіе, тянутся въ сторону палочки, другіе, дальнѣйшіе, — въ противоположную сторону, какъ бы отталкиваясь отъ нея. Отсюда заключаемъ, что на *проводникъ*, помѣщенномъ вблизи наэлектризованнаго тѣла, *развиваются оба электричества: на ближайшемъ къ возбуждающему электричеству концѣ развивается электричество противоположное* (наэлектризованные маятники этого конца тянутся къ палочкѣ), *на дальнѣйшемъ—одноименное.* На срединѣ проводника полное отсутствіе электричества. Описанное явленіе образованія электричества носитъ названіе *электростатической индукціи.*

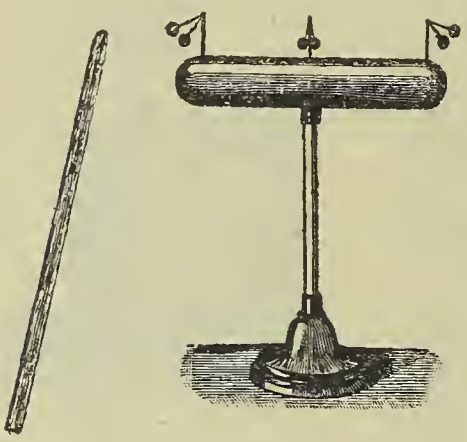


Рис. 77.

На описанныхъ выше явленіяхъ электризаціи треніемъ и при помощи индукціи основано устройство такъ называемыхъ *электрическихъ машинъ* — приборовъ, дающихъ возможность получать электричество въ количествѣ, большемъ, чѣмъ то, которое даетъ стеклянная или какая-нибудь другая палочка при натираніи, и, главное, непрерывно.

Недостатокъ мѣста намъ не позволяетъ вдаваться въ описаніе устройства этихъ машинъ, и мы отсылаемъ читателя обратиться за этимъ въ любой учебникъ физики или подробный курсъ ученія объ электричествѣ.

Перейдемъ теперь къ магнитнымъ явленіямъ. Въ природѣ существуетъ готовый источникъ магнетизма, это — такъ называемый «*естественный магнитъ*», или «*магнитный желѣзнякъ*». Руда эта находится прямо въ горахъ, между прочимъ, въ Россіи—въ Уральскихъ. Она обладаетъ свойствомъ притягивать къ себѣ куски желѣза, чугуна, стали, а также нѣкоторыхъ другихъ металловъ (кобальтъ, никкель, хромъ). Если кускомъ такой руды

[1]) Т.-е. шариками изъ бузинной сердцевины, подвѣшенными на нитяхъ.

прикоснуться или, лучше, натереть стальную спицу, то спица пріобрѣтаетъ магнетизмъ, который выражается тѣмъ, что спица также притягиваетъ къ себѣ желѣзные и т. п. предметы. Такая спица, подвѣшенная на нити, обращается однимъ концомъ къ сѣверу, другимъ — къ югу. Конецъ, обращенный къ сѣверу, называютъ *сѣвернымъ* (иногда положительнымъ), конецъ, обращенный къ югу, — *южнымъ* (отрицательнымъ). Концы магнита называются *полюсами*. Если имѣемъ двѣ намагниченныя иглы, то стоитъ только одну подвѣсить, а другую приближать къ ней, чтобы убѣдиться, что сѣверный конецъ одной отталкиваетъ одноименный ему—сѣверный конецъ другой иглы—и притягиваетъ неодноименный—южный.

Магнетизмъ, проявляя въ этомъ и въ другихъ отношеніяхъ сходство съ электричествомъ, существенно отличается отъ электричества по другимъ своимъ проявленіямъ: такъ, для магнетизма не существуетъ проводниковъ и непроводниковъ въ томъ смыслѣ, какъ они существуютъ для электричества.

Далѣе, невозможно имѣть на тѣлѣ магнетизмъ одного знака только (положительный или только отрицательный) такъ, какъ это легко сдѣлать по отношенію къ электричеству.

Въ послѣднемъ мы можемъ убѣдиться изъ слѣдующаго. Возьмемъ намагниченную иглу и погрузимъ ее, напримѣръ, въ желѣзныя опилки: мы увидимъ, что опилки пристанутъ только на концахъ, а къ срединѣ иглы ничто не пристаетъ. Здѣсь проходитъ, какъ говорятъ, *нейтральная линія*. Если мы разломимъ магнитную иглу какъ разъ посрединѣ и каждую половину магнита опустимъ въ опилки желѣза, то, къ удивленію своему, увидимъ, что притягиваетъ и т о т ъ и д р у г о й конецъ каждой половины иглы, а посрединѣ каждой половины иглы проходитъ нейтральная линія, одинъ изъ этихъ концовъ окажется намагниченнымъ сѣвернымъ, другой—южнымъ магнетизмомъ. И, сколько бы ни дѣлили половины, четверти магнита дальше,—никогда не достигнемъ того, чтобы получить только одинъ полюсъ.

Въ качествѣ свойства, сходнаго у электричества и магнетизма, укажемъ еще, что существуетъ явленіе магнитной индукціи, управляемое закономъ, подобнымъ закону электростатической индукціи.

18. Количество электричества, потенціалъ, электроемкость.

Имѣя дѣло съ электрическими явленіями, мы замѣчаемъ, что въ различныхъ случаяхъ два наэлектризованныхъ тѣла, находящіяся другъ отъ друга на одномъ и томъ же разстояніи, при-

тягиваются или отталкиваются съ разными силами. Мы говоримъ тогда, что эти тѣла наэлектризованы больше или меньше, что на нихъ находятся бо̀льшія или меньшія количества электричества.

Кромѣ понятія о количествѣ электричества, существуетъ еще другое понятіе, которое выясняетъ намъ электрическія явленія, и къ которому мы можемъ прійти изъ слѣдующаго опыта. Возьмемъ два шара A и B, одинъ побольше, другой поменьше. Сообщимъ этимъ шарамъ одинаковыя количества электричества [1]). Прикоснемся теперь къ шару A электроскопомъ, — листочки электроскопа разойдутся на нѣкоторый уголъ. Разрядимъ электроскопъ (прикоснувшись къ нему пальцемъ), и приведемъ его въ соприкосновеніе съ шаромъ B, мы увидимъ, что листочки электроскопа разойдутся сильнѣе, чѣмъ отъ прикосновенія къ шару A.

Что же заключаемъ мы изъ этого опыта? Зная изъ самымъ простыхъ опытовъ, что электрическія силы тѣмъ больше, чѣмъ ближе другъ къ другу наэлектризованныя тѣла, мы должны думать, что электричество, размѣстившись на меньшемъ шарѣ, само на себя производитъ большее отталкивательное дѣйствіе, чѣмъ на большомъ шарѣ. Электрическіе заряды тѣснѣе расположены (т.-е. ближе другъ къ другу) на меньшемъ шарѣ B, чѣмъ на большемъ шарѣ A, отсюда получается то, что электричество шара B испытываетъ большее, какъ говорятъ, напряженіе, чѣмъ электричество шара A. На опытѣ мы видимъ большее расхожденіе листочковъ электроскопа. Итакъ, различное расхожденіе листочковъ электроскопа указываетъ на различное напряженіе электричества на взятыхъ шарахъ. Произведенный опытъ, какъ видимъ, приводитъ насъ къ новому, чрезвычайно важному понятію объ электрическомъ напряженіи. Вмѣсто слова «напряженіе» употребляютъ слово «потенціалъ». О величинѣ потенціала судятъ по расхожденію листочковъ электроскопа. Про взятые нами шары A и B говорятъ, что они находятся при разныхъ потенціалахъ; шаръ A находится при меньшемъ, или, какъ говорятъ, низшемъ потенціалѣ, шаръ B — при большемъ, или, какъ говорятъ, высшемъ потенціалѣ.

Когда нѣкоторое тѣло наэлектризовано положительно, то говорятъ, что оно доведено до положительнаго потенціала, когда же тѣло наэлектризовано отрицательно, то его потенціалъ считается отрицательнымъ.

---

[1]) Этого можно достигнуть, прикасаясь поочереди къ этимъ шарамъ третьимъ шаромъ, еще большихъ размѣровъ, чѣмъ каждый изъ этихъ двухъ, и электризуемымъ каждый разъ до одной и той же степени.

Въ случаѣ, когда имѣются два тѣла, наэлектризованныхъ до различныхъ потенціаловъ, тогда говорятъ о «разности потенціаловъ».

Опытъ съ шарами A и B знакомитъ насъ еще съ однимъ важнымъ понятіемъ. Мы видѣли, что однимъ и тѣмъ же количествомъ электричества мы доводимъ большой шаръ до меньшаго потенціала, и меньшій шаръ—до большаго потенціала. Для того, чтобы довести шаръ A до того же потенціала, что и шаръ B, необходимо сообщить шару A еще нѣкоторое количество электричества, и это количество электричества будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше шаръ A въ сравненіи съ шаромъ B. Отсюда мы приходимъ еще къ одному выводу: различные проводники обладаютъ различною вмѣстимостью электричества. Слово «вмѣстимость» совершенно не употребляется и замѣняется словомъ «емкость».

Емкость проводника, или, еще лучше, электроемкость, очевидно, зависитъ отъ размѣровъ проводника: она тѣмъ больше, чѣмъ больше эти размѣры. Часто, однако, электроемкость проводника зависитъ отъ положенія сосѣднихъ съ нимъ проводниковъ. Представьте себѣ, напримѣръ, такое расположеніе: стеклянный цилиндръ до половины оклеенъ снаружи и изнутри тонкимъ оловяннымъ листомъ. (На рисункѣ 78—внѣшній видъ и 79—разрѣзъ.) Металлическій стержень съ шарикомъ наверху и пружиной внизу упирается этой пружиной въ листъ, наклеенный на внутреннюю поверхность цилиндра. Наэлектризуемъ внутренній листъ—внутреннюю обкладку, какъ его называютъ, напримѣръ, положительно. Если бы не было наружнаго листа, то электрическіе заряды, отталкиваясь другъ отъ друга, довольно скоро сообщили бы высокій потенціалъ внутренней обкладкѣ. Если же есть наружная обкладка, то она по индукціи получитъ положительный зарядъ на своей внѣшней сторонѣ и отрицательный—на сторонѣ, обращенной къ стеклу. Если приборъ не изолированъ, напримѣръ, если онъ поставленъ на столъ, то положительные заряды снаружи уйдутъ въ землю, а внутренніе—отрицательные заряды этого наружнаго листа притягиваютъ къ себѣ положительные заряды внутренней обкладки и тѣмъ самымъ ослабляютъ отталкивательное дѣйствіе другъ на друга положи-

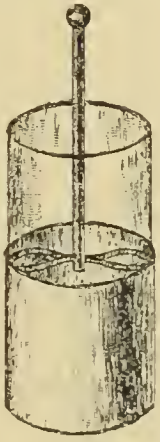


Рис. 78.

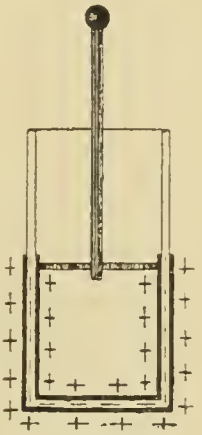


Рис. 79.

тельныхъ зарядовъ внутренней обкладки, и уменьшаютъ напряженіе электричества на ней, уменьшаютъ потенціалъ ея. Поэтому теперь, для того, чтобы довести потенціалъ внутренней обкладки до прежней величины, требуется большее количество электричества, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда внѣшней обкладки не существуетъ. Такимъ образомъ, вслѣдствіе присутствія второго не изолированнаго проводника, емкость перваго увеличивается.

Чѣмъ ближе эти сосѣдніе проводники, тѣмъ больше емкость. Приборы, подобные описанному, состоящіе изъ двухъ проводниковъ, изолированныхъ другъ отъ друга, изъ которыхъ одинъ обыкновенно отводится къ землѣ, называются конденсаторами (сгустителями), такъ какъ они обладаютъ большою электроемкостью и позволяютъ какъ бы сгущать—собирать электричество въ большемъ количествѣ. Описанный сейчасъ конденсаторъ обыкновенно называется лейденской банкой.

Заряжая лейденскую банку, легко убѣдиться, что при ея помощи можно скопить большое количество электричества. Если какимъ-нибудь способомъ—наэлектризованною палочкою или электрической машиной—сообщимъ внутренней обкладкѣ зарядъ и затѣмъ, прикасаясь однимъ концомъ куска проволоки къ внѣшней обкладкѣ, а другой конецъ поднося къ шарику банки, соединенному съ внутренней обкладкой, вызовемъ искру, то замѣтимъ, что эта искра много сильнѣе той, какая можетъ быть вызвана изъ какого-нибудь простого проводника, заряженнаго тѣмъ же способомъ.

19. Электрическое и магнитное поле.

Электрическія и магнитныя притяженія и отталкиванія проявляются не только тогда, когда тѣла находятся въ прикосновеніи, но они становятся замѣтными съ нѣкотораго разстоянія между наэлектризованнымъ или намагниченнымъ тѣломъ и притягиваемыми тѣлами.

Отсюда мы заключаемъ, что въ пространствѣ вокругъ наэлектризованнаго (или намагниченнаго) тѣла, въ каждой точкѣ его существуютъ электрическія (или магнитныя) силы. Такое пространство носитъ названіе силового электрическаго (или магнитнаго) поля.

Очень хорошій способъ убѣдиться въ существованіи силового электрическаго поля и видѣть, по какому направленію дѣйствуетъ электрическая сила, заключается въ слѣдующемъ: въ стеклянный сосудъ, наполненный скипидаромъ, набрасываются кристаллики сѣрнокислаго хинина и погружаются металлическіе шарики $(+q)$ и $(-q)$ съ прикрѣпленными къ нимъ проволоками. Если

эти шарики черезъ посредство проволокъ зарядить одинъ положительнымъ, другой отрицательнымъ электричествомъ, то кристаллики сѣрнокислаго хинина расположатся по кривымъ линіямъ, какъ на рис. 80. По одной изъ такихъ кривыхъ линій двигался

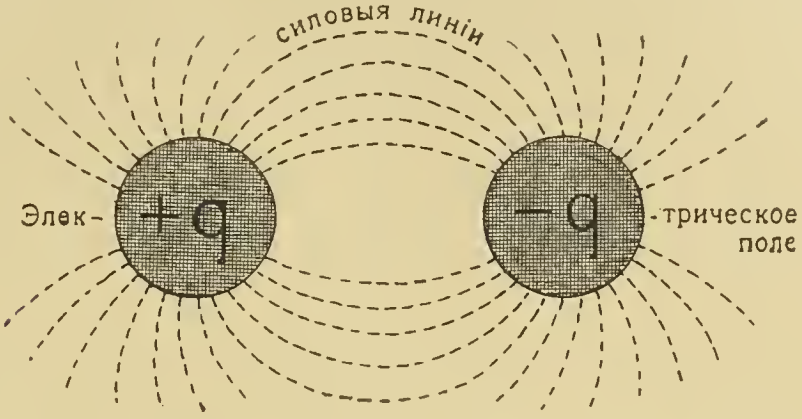


Рис. 80.

бы легкій проводникъ, заряженный положительно, въ направленіи отъ положительно наэлектризованнаго шарика къ противоположному. Эти кривыя линія, по которымъ располагаются кристаллы хинина, указываютъ на направленіе электрической силы и называются силовыми электрическими линіями.

Магнитное поле можно видѣть, другими словами, можно убѣдиться въ существованіи и узнать направленіе магнитныхъ силъ, если наложить на листъ бумаги магнитъ, обсыпать его желѣзными опилками и слегка встряхнуть этотъ листъ бумаги. Опилки расположатся такъ, какъ показано на рисункѣ 81, и своимъ расположеніемъ указываютъ на направленіе магнитной силы въ пространствѣ, окружающемъ магнитъ: по одной изъ такихъ линій двигался бы магнитный сѣверный полюсъ. Та линія, вдоль которой дѣйствуетъ магнитная сила, называется силовой магнитной линіей.

Силовымъ линіямъ приписываютъ опредѣленное направленіе. Положительный зарядъ есть мѣсто

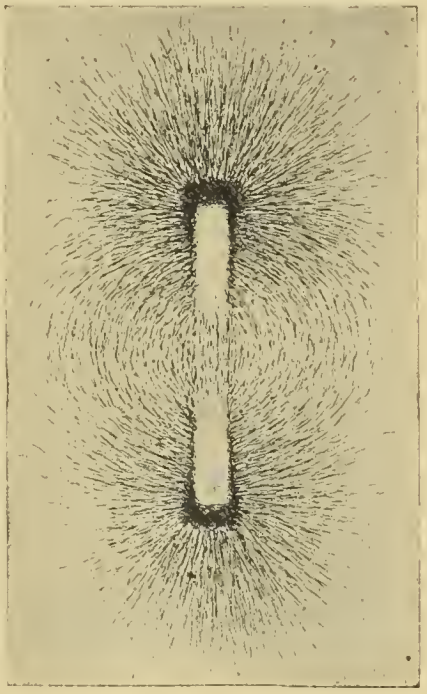


Рис. 81.

выхода силовыхъ линій; отрицательный зарядъ — мѣсто входа ихъ. Подобно этому, сѣверный магнитный полюсъ считается мѣстомъ выхода магнитныхъ силовыхъ линій, южный—мѣстомъ ихъ входа.

Электрическія и магнитныя силовыя линіи обладаютъ многими интересными свойствами. Такъ, напримѣръ, силовыя магнитныя линіи проникаютъ черезъ всякое извѣстное до сихъ поръ вещество, другими словами, до сихъ поръ неизвѣстно такого вещества, которое воспрепятствовало бы распространенію отъ магнита силового поля,—между тѣмъ электрическія силовыя линіи не проходятъ черезъ металлы и вообще проводники.

Поясникъ это на слѣдующемъ опытѣ: внутри металлическаго сѣтчатаго цилиндра подвѣшенъ желѣзный гвоздь; приближая магнитъ, увидимъ, что гвоздь притягивается къ нему. При этомъ безразлично, изъ какого металла сдѣлана сѣтка. Если бы цилиндръ былъ сплошнымъ и сдѣланъ изъ любого матеріала, то притяженіе гвоздя къ магниту мы все равно обнаружили бы. Если же теперь внутрь металлической сѣтки на легкой нити подвѣсимъ шарикъ изъ бузинной сердцевины и будемъ приближать къ нему наэлектризованную палочку, то какъ бы ее мы ни приближали, никакого тяготѣнія шарика къ палочкѣ не замѣтимъ. Если же шарикъ будетъ помѣщенъ въ стеклянный ящикъ или подъ шелковымъ колпакомъ, то мы замѣтимъ тогда его притяженіе къ наэлектризованной палочкѣ. Слѣдовательно, непроводники пропускаютъ черезъ себя электрическія силовыя линіи. Поэтому-то ученый Фарадей и назвалъ непроводники діэлектриками, что значитъ—прозрачные для электричества.

Пустота пропускаетъ чрезъ себя какъ магнитныя, такъ и электрическія линіи.

То, что сказано о силовомъ полѣ и о силовой линіи, наводитъ на вопросъ, что̀ же такое силовая линія. Отвѣтъ на этотъ вопросъ можно дать въ видѣ нѣкотораго предположенія, впервые высказаннаго Фарадеемъ. Такъ какъ пустота не препятствуетъ распространенію электрическаго и магнитнаго поля, съ другой стороны, такъ какъ невозможно дѣйствіе одного тѣла на другое безъ участія какой-нибудь среды, то надо предположить, что дѣйствія наэлектризованнаго или намагниченнаго тѣла передается черезъ міровой эфиръ. Что происходитъ въ эфирѣ: натягивается ли онъ какимъ-нибудь образомъ, или какія-нибудь еще измѣненія происходятъ въ немъ,—этого мы не знаемъ. Предполагаютъ, что онъ натягивается вдоль электри-

ческихъ силовыхъ линій и приходитъ во вращательное движеніе вдоль магнитныхъ силовыхъ линій.

Предполагаютъ далѣе, что силовыя линіи могутъ являться въ различномъ числѣ: большему электрическому заряду соотвѣтствуетъ большее число силовыхъ линій и меньшему заряду—меньшее число силовыхъ линій. Подобное же примѣняется и въ разсужденіяхъ о «магнитныхъ массахъ.» Чѣмъ больше намагниченъ магнитъ, чѣмъ больше его «*магнитная масса*», тѣмъ большее число силовыхъ линій развиваетъ онъ въ магнитномъ полѣ. Значитъ, силовыя линіи могутъ быть распредѣлены болѣе или менѣе густо въ полѣ. Отъ густоты этихъ линій зависитъ *напряженіе*—сила поля. Чѣмъ гуще силовыя линіи, тѣмъ сильнѣе поле.

Предполагаютъ далѣе, что линіи силъ постоянно стремятся сократиться, и когда, напримѣръ, силовая линія, исходящая отъ источника электричества, достигаетъ удобоподвижное тѣло, то она, закончившись на немъ и стремясь сократиться, притягиваетъ это тѣло къ наэлектризованному. Кромѣ этого, предполагаютъ, что силовыя линіи, расположенныя рядомъ, давятъ одна на другую, и это давленіе является началомъ электрическихъ и магнитныхъ отталкиваній. Явленія индукціи, съ точки зрѣнія силовыхъ линій, объясняются очень легко.

Магнитныя силовыя линіи проникаютъ, какъ сказано, чрезъ «все», но опытъ показываетъ, что не чрезъ «все» одинаково свободно. Если вблизи магнита *NS* расположить желѣзную *ML* палочку и посыпать вокругъ нихъ опилокъ желѣза, то опилки примутъ форму, показанную на рисункѣ 82. Сравнивъ эту картину съ рис. 81, мы видимъ, что здѣсь силовыя линіи сгущаются въ сторону къ желѣзу. Желѣзо представляетъ меньшее сопротивленіе къ ихъ распространенію. Если мы попробуемъ подвѣсить между полюсами подковообразнаго магнита желѣзную палочку такъ, чтобы она рас-

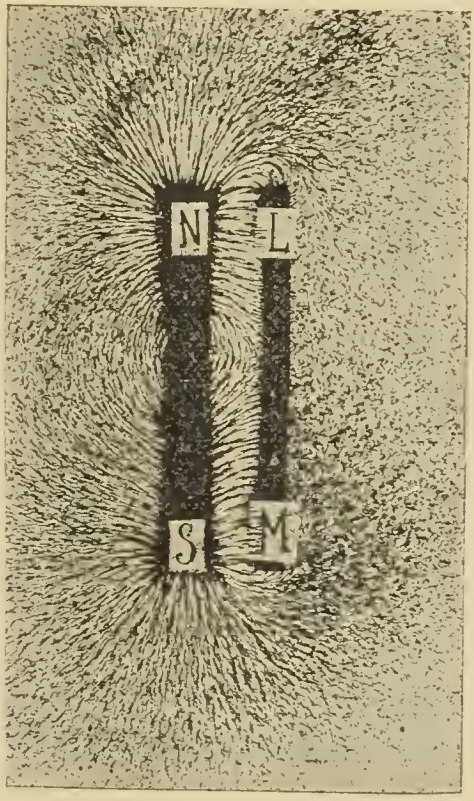


Рис. 82.

положилась поперекъ линіи, соединяющей полюсы магнита, то это намъ не удастся. Магнитныя линіи направлены отъ одного полюса магнита къ другому, и они расположатъ желѣзную палочку вдоль этого направл нія, предпочитая итти въ желѣзѣ, но не въ воздухѣ. Палочки изъ никкеля, кобальта и хрома расположатся также вдоль силовыхъ линій. Эти вещества лучше, чѣмъ воздухъ, пропускаютъ чрезъ себя силовыя линіи, они, какъ говорятъ, обладаютъ большею, чѣмъ воздухъ, магнитною проницаемостью. Подобныя тѣла называются парамагнитными. Для изслѣдованія другихъ тѣлъ употребляются сильные искусственные магниты, такъ называемые электро-магниты [1]). Если между полюсами электромагнита помѣстить палочки изъ мѣди, висмута и многихъ другихъ веществъ, подвѣшивая ихъ на нитяхъ, то такія палочки располагаются поперекъ линіи, соединяющей полюсы электромагнита: онѣ обладаютъ меньшею, чѣмъ воздухъ, магнитною проницаемостью, и силовыя линіи предпочитаютъ большую часть своего пути пройти черезъ воздухъ, чѣмъ черезъ подобное вещество. Всѣ эти вещества называются діамагнитными. Газы и жидкости такъ же раздѣляются на парамагнитныя и діамагнитныя; пламя, помѣщенное между полюсами электромагнита, растягивается поперекъ силовыхъ линій,—оно діамагнитно. Различныя тѣла въ воздухѣ или притягиваются къ магниту или отталкиваются отъ него, и эти притяженія или отталкиванія обусловлены именно тѣмъ: парамагнитно или діамагнитно.

Итакъ, мы видимъ, что по отношенію къ магнитнымъ линіямъ тѣла раздѣляются на два класса,—одни лучше, чѣмъ воздухъ пропускаютъ черезъ себя силовыя линіи, другія—хуже.

Что касается электрическихъ силовыхъ линій, то, по отношенію къ нимъ, тѣла также раздѣляются на два разряда, но очень отличающихся отъ предыдущихъ а именно — на проводники, не пропускающіе черезъ себя вовсе силовыхъ линій электрическаго поля, и на непроводники, или діэлектрики, пропускающіе черезъ себя силовыя линіи, но въ различной степени легко. Изъ всѣхъ діэлектриковъ воздухъ и пустота (эфиръ) обладаютъ наименьшею проницаемостью по отношенію къ электрическимъ силовымъ линіямъ.

Сравненіе между собою тѣлъ въ смыслѣ ихъ «электрической проницаемости» производится при помощи конденсатора, если пространство между обкладками его заполнять различными веществами; тогда оказывается, что емкость конденсатора из-

---

[1]) См. „Электромагнитныя явленія".

мѣняется. Чтобы понять, что это измѣненіе емкости обязано своимъ происхожденіемъ силовымъ линіямъ, допустимъ, что она, напримѣръ, увеличивается. Если емкость увеличивается, то это значитъ, что на пластинкѣ, соединенной съ землей, развился большій электрическій зарядъ, а это значитъ, что въ этомъ случаѣ черезъ наше вещество проникло большее число силовыхъ линій. Опыты съ конденсаторами показываютъ, это электрическая проницаемость стекла лучше, чѣмъ воздуха, сѣры лучше, чѣмъ эбонита, и т. д.

Слова «электрическая проницаемость» въ наукѣ не употребляются и замѣнены словами «діэлектрическая постоянная». Если считать діэлектрическую постоянную пустоты за 1, то діэлектрическая постоянная воздуха=1, для спирта=26, для керосина=2, касторовaго масла=5, воды=81, стекла отъ 4—7 (въ зависимости отъ сорта стекла), эбонита=28, это значитъ, что силовыя электрическія линіи въ 26 разъ свободнѣе проходятъ черезъ спиртъ, чѣмъ черезъ воздухъ, и т. п.

Магнитныя проницаемости таковы: для воздуха магнитная проницаемость считается равной 1, тогда она для висмута = 0.99972, для ртути=0.99948, для платины=1.0003.

Магнитная проницаемость желѣза измѣняется въ зависимости отъ силы магнитнаго поля, въ которомъ имѣется это желѣзо, и можетъ доходить до 3000—4000.

Въ заключеніе скажемъ, что пространство, окружающее нашъ земной шаръ является магнитнымъ полемъ. Въ этомъ мы убѣждаемся прежде всего изъ того, что магнитная стрѣлка, могущая вращаться около вертикальной оси принимаетъ всегда опредѣленное направленіе, указывая однимъ своимъ концомъ приблизительно на географическій сѣверъ, другимъ — на югъ. Также стрѣлка, могущая вращаться около горизонтальной оси и расположенная въ плоскости «магнитнаго меридіана», т.-е. въ плоскости, проходящей черезъ полюсы магнитной стрѣлки, поставленной на остріѣ (приблизительно съ сѣвера на югъ), принимаетъ нѣкоторое опредѣленное положеніе, наклоняясь подъ нѣкоторымъ угломъ къ горизонту. Такая стрѣлка указываетъ направленіе магнитной силовой линіи земного магнитнаго поля; и тотъ извѣстный теперь вамъ фактъ, что сталь, пролежавшая нѣкоторое время съ сѣвера на югъ, намагничивается, объясняется именно тѣмъ, что она пребывала въ магнитномъ полѣ земли. Что же касается вопроса, откуда берется магнитное земное поле, то еще съ XVII вѣка на него мы имѣемъ отвѣтъ— сама земля представляетъ собой огромный магнитъ со всѣми присущими ему свойствами.

20. Электрическій токъ.

Если два изолированныхъ шара A и B, находящихся при разныхъ потенціалахъ, соединить металлической проволокой и послѣ этого при помощи электроскопа изслѣдовать потенціалы обоихъ шаровъ, то теперь они окажутся равными. Если потенціалъ шара A былъ низшимъ, а потенціалъ шара B—высшимъ, то, значитъ, потенціалъ шара A увеличился, а потенціалъ шара B уменьшился. Это «выравниваніе потенціаловъ» произошло потому, что часть электричества отъ шара B перешла къ шару A. Такой переходъ электричества по проводнику называется электрическимъ токомъ.

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію разнообразныхъ дѣйствій электрическаго тока, имѣющихъ громадныя практическія примѣненія [1]), обратимся къ источникамъ электрическаго тока. Чтобы получить замѣтныя дѣйствія электрическаго тока, нужно имѣть такой источникъ электричества, который образовывалъ бы электричество непрерывно и въ достаточномъ количествѣ. Такой источникъ былъ открытъ въ концѣ восемнадцатаго вѣка итальянскимъ ученымъ Вольтою.

Вольта замѣтилъ, что два разнородныхъ металла, раздѣленные слоемъ проводящей электричество жидкости, электризуются. Такая совокупность проводниковъ носитъ названіе электрическаго элемента.

Нужно замѣтить, однако, что оба металла получаютъ при этомъ столь слабое напряженіе, что обнаружить образовавшіеся при этомъ заряды, при помощи обыкновеннаго электроскопа, не удается. Вольта придумалъ прибѣгнуть къ помощи конденсатора. Онъ соединилъ обкладки его съ металлами своего элемента, тѣмъ самымъ слабо наэлектризовавъ ихъ, а затѣмъ уменьшивъ раздвиганіемъ обкладокъ конденсатора емкость его, повысилъ тѣмъ самымъ потенціалъ настолько, что получилось нѣкоторое расхожденіе листочковъ электроскопа. Въ настоящее время опытъ Вольты воспроизвести легко, если имѣется хорошій электрометръ.

Устроенный Вольтою первый электрическій элементъ состоялъ изъ цинковой и мѣдной пластинокъ, опущенныхъ въ водный растворъ сѣрной кислоты.

---

[1]) Достаточно сказать, что въ настоящее время мы имѣемъ электрическія печи, электрическое освѣщеніе, электрическіе телеграфы и телефоны, электрическіе двигатели, что при помощи электрическаго тока открылась возможность добыванія металловъ непосредственно изъ руды.

Элементъ Вольты обладаетъ нѣкоторыми недостатками и въ настоящее время въ качествѣ источниковъ электрическаго тока служатъ другіе элементы, извѣстные подъ именемъ элементовъ Даніеля, Леклаше, Грене, Бунзена, Мейдингера и др. Описаніе ихъ можно найти въ большинствѣ учебниковъ физики. Эти элементы представляютъ собою различныя комбинаціи металловъ и другихъ проводниковъ съ проводящими жидкостями.

Металлы, входящіе въ составъ электрическаго элемента, называются электродами, или полюсами элемента. Металлъ, заряженный положительно, находящійся при высшемъ потенціалѣ, носитъ названіе анода (иначе—положительный полюсъ) другой металлъ называется катодомъ (отрицательный полюсъ).

Такъ какъ электроды элемента находятся при разныхъ потенціалахъ, то здѣсь можетъ быть разговоръ о разности потенціаловъ электродовъ элемента. Эта разность потенціаловъ называется электро-движущей силой элемента. Она бываетъ различною у разныхъ элементовъ и какъ показали точныя изслѣдованія, электродвижущая сила элемента зависитъ только отъ того, какія вещества взяты для элемента, и не зависитъ отъ величины электродовъ элемента.

Говоря объ электрическомъ токѣ, мы прежде всего отмѣчаемъ то, что это явленіе можетъ происходить только: 1) при существованіи разности потенціаловъ, 2) электрическій токъ можетъ существовать въ случаѣ элемента только въ замкнутой цѣпи, т.-е. онъ можетъ быть только тогда, когда электроды соединены *проводниками*. Въ случаѣ, если гдѣ-нибудь въ проволокахъ соединяющихъ электроды имѣется разрывъ, тока не произойдетъ.

Электрическому току приписываютъ нѣкоторое направленіе, такъ, напримѣръ, говорятъ, «токъ идетъ въ проволокѣ, слѣва направо», при чемъ за направленіе тока принимается направленіе перемѣщенія положительнаго электричества. Такимъ образомъ, въ проволокѣ, соединяющей полюсы элемента токъ идетъ отъ анода къ катоду.

Подобно тому, какъ въ случаѣ тока воды по трубѣ мы говоримъ о количествѣ протекающей по ней воды за то или другое время, такъ въ случаѣ электрическаго тока разсуждаютъ о количествѣ электричества, протекшаго по проводнику въ извѣстное время. Такъ какъ количество перемѣстившагося электричества зависитъ отъ времени, то необходимо при сравненіи различныхъ электрическихъ токовъ выбрать опредѣленное время. Въ физикѣ за единицу времени во всѣхъ случаяхъ принимается *секунда*. Количество электричества, протекшее по проводнику въ 1 секунду называется силой тока.

Мы уже сравнили явленіе электрическаго тока съ потокомъ воды по трубѣ. Такое сравненіе имѣетъ подъ собою дѣйствительно почву, такъ какъ хотя электричество и не матерія, однако явленіе электрическаго тока управляется закономъ, подобнымъ тому, какимъ управляется и токъ воды, и при ближайшемъ знакомствѣ съ электрическимъ токомъ встрѣчается, дѣйствительно, кое-что сходнымъ. Текущая по трубѣ вода испытываетъ сопротивленіе со стороны трубы: извѣстно, что чѣмъ уже и длиннѣе труба, тѣмъ меньше за одну секунду пройдетъ по ней воды. Подобное оказывается и для электрическаго тока. Различные проводники—отличающіеся одинъ отъ другого своимъ матеріаломъ, длиной и толщиной, представляютъ различныя сопротивленія. Количество протекшаго электричества въ 1 секунду тѣмъ меньше, чѣмъ больше длина и чѣмъ меньше толщина проволоки. Вообще сила электрическаго тока во столько разъ увеличивается, во сколько разъ уменьшается сопротивленіе проводниковъ, по которымъ идетъ токъ, и обратно.

Сравненіе съ потокомъ жидкости идетъ еще дальше. Извѣстно, что если два водоема соединены трубой, то вода перемѣщается по этой трубѣ только въ томъ случаѣ, если существуетъ разность уровней воды въ этихъ водоемахъ. И потокъ воды по трубѣ тѣмъ стремительнѣе, т.-е. тѣмъ большее количество протекаетъ по трубѣ воды за данное время, чѣмъ больше разность уровней. Подобно этому, электрическій токъ можетъ быть только въ случаѣ существованія разности потенціаловъ, и сила тока во столько разъ увеличится, во сколько разъ мы увеличимъ разность потенціаловъ.

Вообще законъ, управляющій электрическимъ токомъ, мы выразимъ такъ: сила тока прямо пропорціональна электродвижущей силѣ и обратно пропорціональна сопротивленію проводниковъ. (Законъ Ома).

Когда желаютъ имѣть сильный токъ то заботятся о томъ, чтобы сопротивленіе проводниковъ было по возможности мало,—берутъ толстые и короткіе проводники изъ тѣхъ матеріаловъ, которые оказываютъ наименьшее сопротивленіе току (мѣдь, серебро, иногда желѣзо) и берутъ большую электродвижущую силу. Когда необходимо увеличить электродвижущую силу, то берутъ нѣсколько элементовъ и соединяютъ ихъ металлическими проволоками между собой такъ: катодъ перваго съ анодомъ второго, катодъ второго съ анодомъ третьяго и т. д. Свободными электродами окажутся анодъ перваго и катодъ послѣдняго элемента. Между этими-то полюсами и получается

увеличенная разность потенціаловъ. Такое соединеніе называется послѣдовательнымъ. Измѣренія показываютъ, что электродвижущая сила такой системы соединенныхъ проводниковъ увели-

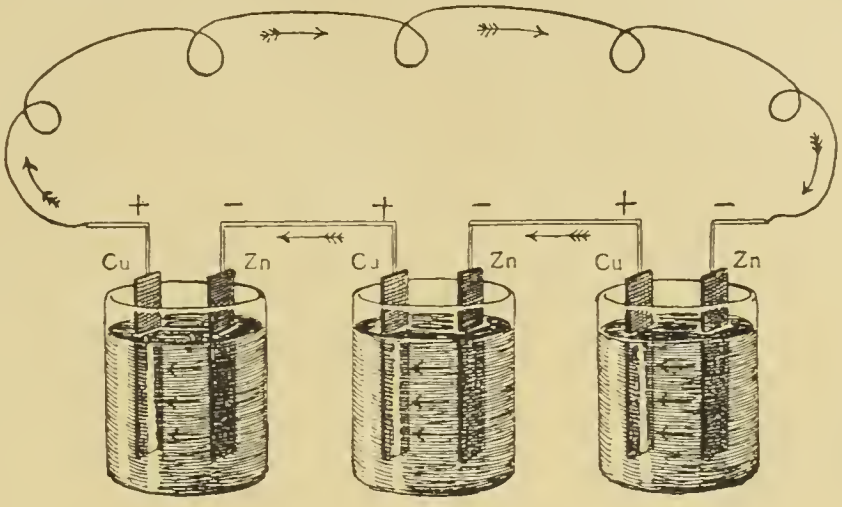


Рис. 83.

чивается во столько разъ, во сколько увеличиваемъ число элементовъ. Система нѣсколькихъ элементовъ, соединенныхъ между собою, называется батареей. На рисункѣ 83 читатель видитъ батарею послѣдовательно соединенныхъ элементовъ.

21. Тепловыя дѣйствія тока.

Если концы тонкой и длинной проволоки, заключенной въ стеклянный сосудъ, проведенные черезъ плотно входящую въ сосудъ пробку, соединить съ полюсами электрическаго элемента, то мы знаемъ, что тогда по проволокѣ пойдетъ электрическій токъ. Пропустивъ. рис. 84, еще черезъ пробку стеклянную трубочку, изогнутую такъ, какъ показано на рисункѣ и наполненную отчасти какою-нибудь подвижной жидкостью, напримѣръ, керосиномъ, легко обнаружить, что при прохожденіи тока жидкость перемѣщается въ трубкѣ — уровень *e* спускается, уровень *i* поднимается. Такое движеніе жидкости указываетъ на то, что проволока при прохожденіи тока нагрѣлась и нагрѣла окружающій ее воздухъ сосуда. Изъ этого опыта

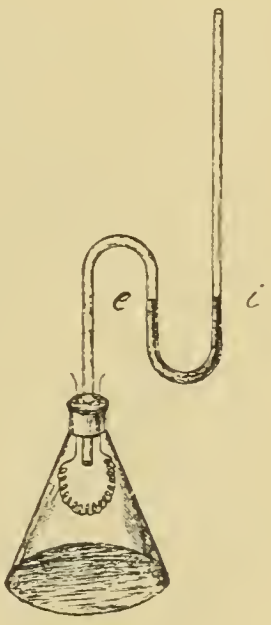


Рис. 84.

мы заключаемъ, что электрическій токъ развиваетъ въ проводникѣ теплоту.

Взявъ вмѣсто одного элемента батарею изъ двухъ, трехъ и т. д. элементовъ, легко обнаружить большее развитіе теплоты въ проволокѣ. При употребленіи батареи мы пускаемъ по проволокѣ болѣе сильный токъ и такимъ образомъ убѣждаемся, что количество теплоты, развиваемой электрическимъ токомъ въ проводникѣ, тѣмъ больше, чѣмъ больше сила тока.

Чтобы уяснить себѣ, отъ какихъ другихъ обстоятельствъ зависитъ количество образовавшагося тепла, можно обратиться къ опыту съ такимъ приборомъ (рис. 85). Къ двумъ совершенно одинаковымъ стекляннымъ шарамъ припаяны изогнутыя стеклянныя трубки, наполненныя отчасти керосиномъ. Въ каждый шаръ пропущены тонкія проволоки разной длины—въ правый шаръ — короче, въ лѣвый шаръ — длиннѣе [1]). Если соединивъ концы ихъ между шарами одинъ съ другимъ, соединить свободные ихъ концы съ полюсами элемента, то въ трубкахъ обоихъ шаровъ перемѣстится жидкость, при чемъ въ трубкѣ второго шара сильнѣе, чѣмъ въ трубкѣ перваго шара. Это передвиженіе жидкости указываетъ на образованіе теплоты въ обоихъ шарахъ, и при этомъ нагрѣваніе въ лѣвомъ шарѣ сильнѣе, чѣмъ въ правомъ шарѣ. Въ нашемъ опытѣ по обѣимъ проволокамъ, конечно, прошелъ токъ одной и той же силы, такъ какъ токъ идетъ послѣдовательно черезъ одну, затѣмъ черезъ другую проволоку. Разница, однако, въ сопротивленіи — болѣе длинная проволока представляетъ большее сопротивленіе, чѣмъ болѣе короткая проволока. Отсюда заключаемъ, что количество развившейся теплоты при прохожденіи тока при одной и той же силѣ тока тѣмъ больше, чѣмъ больше сопротивленіе проводника.

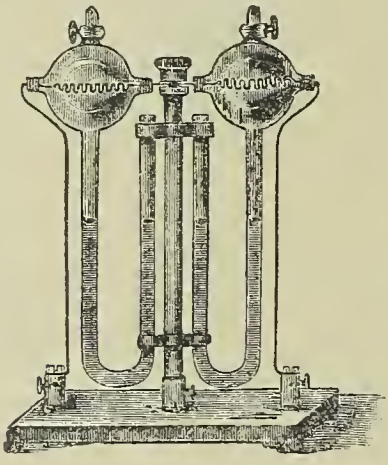


Рис. 85.

Точные опыты показали, что количество тепла, развиваемаго электрическимъ токомъ за одно и то же время, напримѣръ въ 1 секунду, прямо пропорціо-

---

[1]) Это достигается тѣмъ, что болѣе длинную проволоку свиваютъ въ болѣе частую спираль, чѣмъ болѣе короткую.

пально сопротивленію проводника и квадрату силы тока. Это значитъ, напримѣръ, что съ увеличеніемъ сопротивленія въ 5 разъ при той же силѣ тока количество теплоты увеличивается въ пять разъ, при увеличеніи силы тока въ въ 10 разъ и при томъ же сопротивленіи количество теплоты увеличится въ 100 разъ. При одновременномъ увеличеніи сопротивленія въ 5 разъ и силы тока въ 10 разъ, количество образовавшагося тепла увеличится въ 500 разъ. Отсюда понятно, что электрическій токъ можетъ развивать огромныя количества тепла. Этимъ свойствомъ тока и пользуются въ современной техникѣ. Употребляя сильные источники тока и большія сопротивленія, доводятъ проводники до ихъ раскаливанія, и тогда пользуются электрическимъ освѣщеніемъ. На томъ же свойствѣ тока основано устройство электрическихъ печей.

22. Химическія дѣйствія тока.

Кромѣ теплового дѣйствія электрическій токъ производитъ такъ называемыя химическія дѣйствія. Эти дѣйствія заключаются въ томъ, что электрическій токъ, проходя черезъ нѣкоторыя жидкости, разлагаетъ ихъ на двѣ части.

Чтобы показать это на опытѣ, можно воспользоваться такимъ приборомъ (рис. 86). Взять воронку, вставить въ ея горлышко резиновую пробку, черезъ пробку пропустить двѣ проволоки такъ, чтобы онѣ не касались другъ друга, и къ концамъ этихъ проволокъ, находящимся въ воронкѣ, припаять платиновыя пластинки. Наполнимъ такую воронку растворомъ сѣрной кислоты въ водѣ, этимъ же самымъ растворомъ наполнимъ еще двѣ пробирки и опрокинемъ ихъ надъ платиновыми пластинками такъ, чтобы изъ нихъ

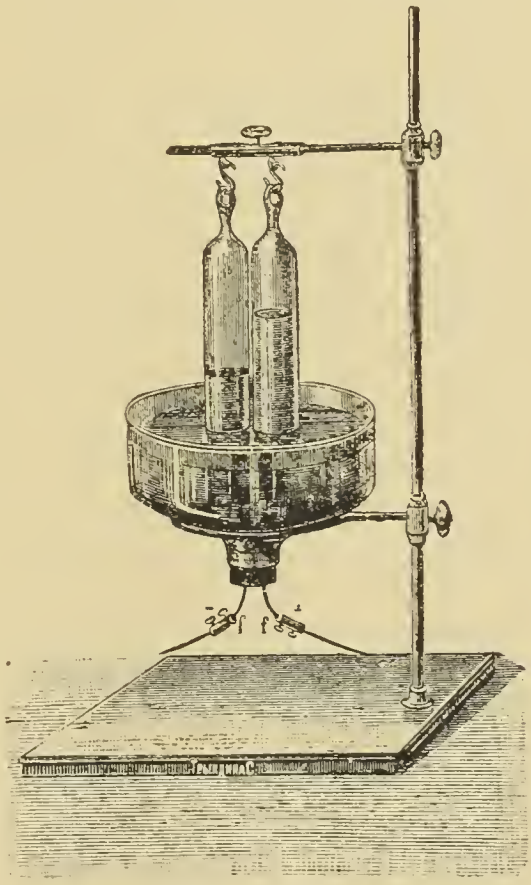


Рис. 86.

не вытекала жидкость, и чтобы платиновыя пластинки были одна въ одной пробиркѣ и другая — въ другой. Затѣмъ соединимъ концы *ff* проволокъ наружи воронки съ полюсами элемента; тѣмъ самымъ черезъ жидкость мы пустимъ электрическій токъ. Мы увидимъ тогда образованіе пузырьковъ газа на платиновыхъ пластинкахъ. Прождавъ достаточно времени, мы замѣтимъ, что этими газами постепенно заполняются пробирки, жидкость постепенно вытѣсняется газами, и одного газа оказывается вдвое болѣе, чѣмъ другого. Изслѣдуя эти газы, мы убѣдимся, что одинъ изъ газовъ—водородъ, другой—кислородъ—составныя части воды. Водорода оказывается вдвое больше кислорода, и онъ образуется на пластинкѣ, соединенной съ отрицательнымъ полюсомъ батареи, а кислородъ—на пластинкѣ, соединенной съ положительнымъ полюсомъ.

Произведемъ еще такой опытъ: возьмемъ мѣднаго купороса, растворимъ его въ водѣ и нальемъ въ какой-нибудь стеклянный сосудъ. Опустимъ въ этотъ сосудъ двѣ платиновыя пластинки, соединенныя съ полюсами элемента. По прошествіи нѣкотораго времени мы замѣтимъ, что пластинка, соединенная съ отрицательнымъ полюсомъ, покраснѣетъ отъ отложившейся на ней металлической мѣди, а на другой пластинкѣ образуются пузырьки кислорода.

Производя подобные опыты съ растворами другихъ металлическихъ солей, мы убѣдимся въ томъ, что дѣйствительно всякая такая соль разлагается электрическимъ токомъ на двѣ части. Одна часть отлагается на катодѣ—пластинкѣ, соединенной съ отрицательнымъ полюсомъ элемента, другая—на анодѣ, пластинкѣ, соединенной съ положительнымъ полюсомъ. Многочисленныя наблюденія показали, что: 1. Водородъ и металлы всегда отлагаются на катодѣ, кислородъ и соединенныя съ нимъ вещества—на анодѣ.

2. Количество отложившихся веществъ пропорціонально силѣ тока и времени, въ теченіе котораго наблюдается явленіе.

Описанное явленіе называется электролизомъ. Самый механизмъ явленія, согласно современнымъ взглядамъ, представляется слѣдующимъ образомъ.

Предполагаютъ, что каждая молекула химически сложнаго тѣла состоитъ изъ двухъ частей — положительно наэлектризованнаго металла (или водорода) и отрицательно заряженной остальной части молекулы. Эти наэлектризованныя части молекулы называются іонами [1]). Когда молекулы растворяются въ

[1]) Слово іонъ значитъ—странникъ.

водѣ, то онѣ распадаются на свои составные іоны. Эти іоны безпорядочно плаваютъ въ растворѣ, сталкиваясь другъ съ другомъ, соединяясь въ молекулы, снова распадаясь и т. д., пока въ растворъ не опущены противоположно наэлектризованныя пластинки. Но какъ только опущенныя пластинки соединены съ полюсами элемента, отрицательно наэлектризованные іоны притягиваются къ положительному заряду анода и отлагаются здѣсь, теряя свой зарядъ, а положительные іоны устремляются къ катоду.

Явленіе электролиза имѣетъ широкое примѣненіе въ практической жизни, выдѣленіе металловъ, покрытіе одного металла другимъ легко производятся при помощи электрическаго тока.

23. Электро-магнитныя явленія.

Кромѣ явленій, производимыхъ электрическимъ токомъ въ проводникахъ, по которымъ идетъ токъ, существуетъ еще явленіе, которое происходитъ въ пространствѣ, окружающемъ проводникъ; это—образованіе магнитнаго поля.

Возьмемъ длинную проволоку AK, вытянемъ ее съ сѣвера на югъ и помѣстимъ подъ нею магнитную стрѣлку NS (рис. 87). Пропустивъ по проволокѣ электрическій токъ отъ элемента, мы увидимъ, что стрѣлка повернется на нѣкоторый уголъ около своей оси и будетъ оставаться въ такомъ положеніи до тѣхъ поръ, пока идетъ токъ. Если по той же проволокѣ пустимъ токъ въ противоположномъ направленіи, то стрѣлка повернется въ другую сторону.

Рис. 87.

Мы знаемъ что магнитная стрѣлка, выведенная изъ своего обычнаго положенія, снова принимаетъ то же положеніе,—магнитное поле земли заставляетъ ее принять такое положеніе. Если же въ присутствіи электрическаго тока стрѣлка отклоняется отъ своего обычнаго положенія, то, значитъ, токъ развиваетъ свое магнитное поле. Это поле носитъ названіе электромагнитнаго. Оно направлено подъ прямымъ угломъ къ проводнику съ токомъ въ ту сторону, куда отклоняется

сѣверный конецъ магнитной стрѣлки. Въ этомъ можно убѣдиться, если повернуть проволоку AK на прямой уголъ въ сторону, противоположную той, куда отклоняется сѣверный полюсъ стрѣлки, и пропустить по ней токъ въ прежнемъ направленіи: стрѣлка останется въ покоѣ, показывая этимъ, что электромагнитное поле дѣйствуетъ теперь въ томъ же направленіи, какъ земное. Направленіе электромагнитнаго поля связано съ направленіемъ тока по проводнику и можетъ быть найдено по слѣдующему правилу: помѣстите надъ проводникомъ правую руку (см. рис. 87) такъ, чтобы ладонь ея была обращена къ проводнику и указательный палецъ былъ направленъ въ сторону тока, тогда большой палецъ покажетъ направленіе электромагнитнаго поля въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится рука.

Магнитное поле направлено перпендикулярно къ направленію тока. Почему же, возникаетъ вопросъ, стрѣлка не устанавливается перпендикулярно къ проводнику съ токомъ, а поворачивается только на нѣкоторый уголъ? Отвѣтить на этотъ вопросъ легко: на стрѣлку дѣйствуетъ еще магнитное поле земли, которое стремится оставить стрѣлку направленною съ сѣвера на югъ. Чѣмъ больше сила тока, тѣмъ больше поворачивающая стрѣлку сила электро-магнитнаго поля и тѣмъ на большій уголъ повернется стрѣлка. Въ этомъ легко убѣдиться, если вмѣсто одного элемента взять батарею. Отсюда, между прочимъ, видно, что по отклоненію стрѣлки можно судить и о силѣ тока. Сила электромагнитнаго поля убываетъ съ увеличеніемъ разстоянія отъ проводника съ токомъ; въ этомъ легко убѣдиться, если отодвигать проволоку съ токомъ отъ стрѣлки; стрѣлка будетъ отклоняться тогда все меньше и меньше.

Чтобы еще болѣе убѣдиться въ томъ, что электрическій токъ развиваетъ вокругъ проводника магнитное поле совершенно такого же характера, какъ и любой магнитъ, напримѣръ, магнитная стрѣлка, сдѣлаемъ опытъ съ такимъ приборомъ. На деревянной доскѣ (рис. 88) укрѣплены два мѣдныхъ согнутыхъ подъ прямымъ угломъ столбика *cup* и *fer*, къ ихъ концамъ *f* и *c* припаяны желѣзныя чашечки *f* и *c*, и въ чашечки налита ртуть.

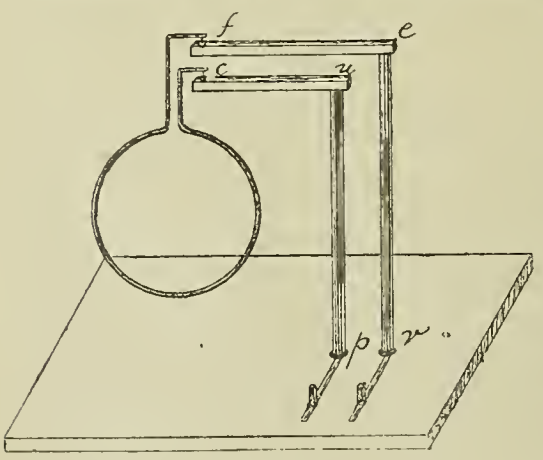


Рис. 88.

Въ эти чашечки погружены загнутые концы проволочнаго

круга. Если теперь соединить концы p и r мѣдныхъ столбиковъ съ полюсами батареи, то электрическій токъ пойдетъ по одному столбику, въ чашку, въ кругъ, изъ круга въ другую чашку, въ другой столбикъ и уйдетъ къ другому полюсу батареи. При прохожденіи тока мы замѣтимъ, что кругъ повернется одной своей стороной къ сѣверу, другой — къ югу. Прослѣживая направленіе тока, мы увидимъ, что на сторонѣ, обращенной къ сѣверу, токъ идетъ противъ стрѣлки часовъ, а на сторонѣ, обращенной къ югу,—по стрѣлкѣ часовъ.

Нашъ кругъ съ токомъ принимаетъ вполнѣ опредѣленное положеніе по той же причинѣ, по которой занимаетъ такое опредѣленное положеніе магнитная стрѣлка: какъ магнитная стрѣлка, такъ и проводникъ съ токомъ развиваютъ вокругъ себя магнитное поле.

Одинъ французскій ученый, Амперъ, дѣлалъ множество опытовъ подобныхъ только что описанному. Онъ бралъ проводники самой разнообразной формы, подвѣшивалъ ихъ на подобныхъ нашимъ столбикамъ и пропускалъ токъ. Проволочная фигура, совершенно независимо отъ ея формы, принимала опредѣленное положеніе, поворачиваясь одной стороной къ югу, другой—къ сѣверу. Затѣмъ онъ бралъ другую проволочную фигуру, пускалъ по ней токъ, и, держа ее въ рукѣ, подносилъ къ подвѣшенной на столбикахъ. Тогда обнаруживались притяженія и отталкиванія между фигурами, совершенно подобныя тѣмъ, кавія обнаруживаютъ магниты. Отсюда Амперъ пришелъ къ выводу, что магнитъ равнозначенъ электрическому току и, исходя отсюда, сдѣлалъ слѣдующее предположеніе относительно природы магнетизма. Каждый магнитъ искусственный или природный, представляетъ собою не что иное, какъ собраніе молекулъ, вокругъ которыхъ въ одномъ и томъ же направленіи идутъ электрическіе токи. Въ этомъ предположеніи устанавливается связь между магнетизмомъ и электрическимъ токомъ.

Всякій кусокъ желѣза, помѣщенный въ магнитное поле, намагничивается; намагниченіе желѣза въ магнитномъ полѣ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ сильнѣе самое поле. Отсюда ясно, что при помощи электрическаго тока легко получать искусственные магниты: если желѣзный прутъ обмотать изолированной мѣдной проволокой и по проволокѣ пустить токъ, то желѣзный прутъ намагнитится. Если для подобнаго опыта взято достаточно мягкое желѣзо, то оно размагничивается по прекращеніи тока. Такіе временные искусственные магниты носятъ названіе электро-магнитовъ.

Электро-магниты бываютъ весьма различны по своему устройству. Наиболѣе употребительны подковообразные электро-магниты. Такой электро-магнитъ (рис. 89) можно устроить, напримѣръ, такъ: сгибаютъ желѣзный прутъ въ видѣ подковы и наматываютъ проволоку сначала на одномъ колѣнѣ въ одномъ направленіи, а затѣмъ на другомъ колѣнѣ въ противоположномъ направленіи. При пропусканіи тока по проволокѣ желѣзо намагничивается, и конецъ того колѣна, гдѣ токъ идетъ по часовой стрѣлкѣ, окажется южнымъ полюсомъ, конецъ другого колѣна—сѣвернымъ.

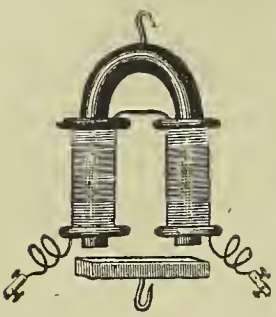


Рис. 89.

Значеніе электро-магнитовъ въ практической жизни очень велико. Главною составною частью такихъ основныхъ приборовъ и машинъ, какъ электрическій звонокъ, телеграфы, телефоны, динамомашины, электродвигатели, является электро-магнитъ.

Понятно, что если электрическій токъ развиваетъ вокругъ себя магнитное поле, то должно быть возможно дѣйствіе тока на токъ и дѣйствіе магнита на токъ. И то и другое можно видѣть на нашемъ подвижномъ кругѣ, изображенномъ на рис. 84. Поднося къ нему магнитъ или другой проводникъ съ токомъ мы увидимъ либо притяженіе между кругомъ и подносимымъ предметомъ, либо отталкиваніе. Слѣдя за направленіями токовъ въ проводникахъ, мы убѣдимся, что *проводники съ токами, идущими въ одну и ту же сторону, притягиваются, а съ токами, идущими въ противоположныя стороны, отталкиваются.*

На взаимодѣйствіи между токомъ и магнитомъ основанъ приборъ, служащій для обнаруженія и измѣренія слабыхъ токовъ и называемый *гальванометромъ*. Одинъ изъ чувствительныхъ гальванометровъ состоитъ изъ двухъ скрѣпленныхъ параллельно одна съ другой намагниченныхъ стальныхъ иголочекъ, подвѣшенныхъ такъ, что одна игла находится внутри проволочной катушки, другая — надъ нею (см. рис. 90). Иглы намаг-

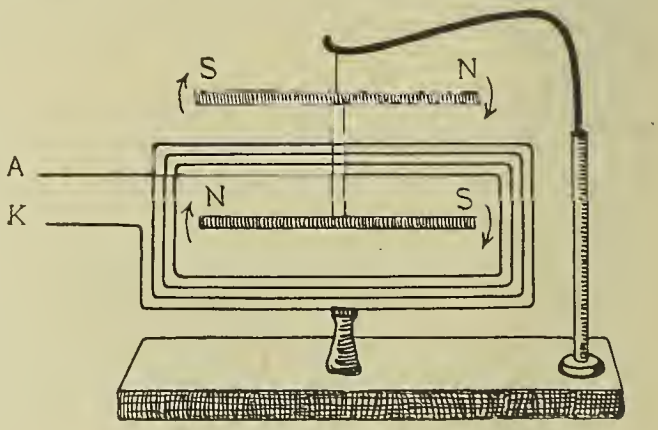


Рис. 90.

ничиваются по возможности одинаково и скрѣпляются одна съ другой такъ, что онѣ обращены въ одну и ту же сторону противоположными полюсами. Этимъ достигается ослабленіе вліянія земного магнитнаго поля.

24. Электро-магнитная индукція.

Электрическій токъ, представляющій собою перемѣщеніе электричества, порождаетъ магнитное поле. Изъ этого факта возникаетъ вопросъ, нельзя ли при помощи магнитнаго поля получить электрическій токъ.

Опытъ, къ которому послѣ долгихъ попытокъ пришелъ Фарадей, далъ положительный отвѣтъ на этотъ вопросъ.

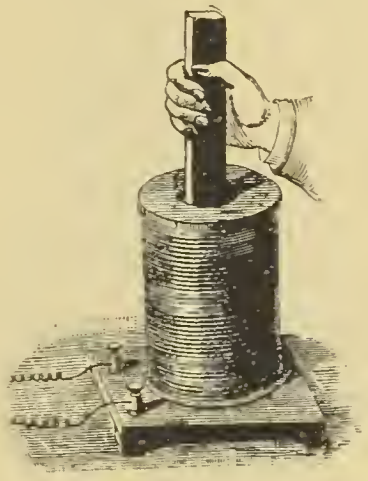


Рис. 91.

Чтобы обнаружить это, возьмемъ катушку изъ тонкой мѣдной проволоки и концы ея соединимъ съ гальванометромъ. Отъ такого соединенія катушки съ гальванометрюмъ стрѣлка гальванометра остается въ своемъ неизмѣнномъ положеніи. Но если мы возьмемъ палкообразный магнитъ и будемъ сѣвернымъ его полюсомъ вдвигать внутрь катушки (рис. 91), то замѣтимъ отклоненіе стрѣлки въ одну сторону. Если мы выдвинемъ сѣверный полюсъ изнутри катушки, то замѣтимъ, что стрѣлка отклонится въ противоположную сторону. Отклоненія магнитной стрѣлки гальванометра указываютъ на образованіе въ катушкѣ и въ обмоткѣ гальванометра тока. Если мы перевернемъ магнитъ и станемъ вдвигать и выдвигать южный его полюсъ, то и тогда замѣтимъ отклоненія стрѣлки, но эти отклоненія противоположны тѣмъ, какія получаются въ случаѣ сѣвернаго полюса: стрѣлка гальванометра отклоняется при вдвиганіи сѣвернаго полюса въ ту сторону, въ какую она отклоняется при выдвиганіи южнаго полюса. Если магнитъ останется неподвижнымъ, то неподвижна и стрѣлка гальванометра. Слѣдовательно, только при движеніи магнита внутри проволочной катушки въ послѣдней развивается электрическій токъ.

Возьмемъ теперь другую катушку, пропустимъ по ней электрическій токъ и будемъ ее вдвигать внутрь нашей катушки,

соединенной съ гальванометромъ (рис. 92), и выдвигать изъ нея. Мы увидимъ тѣ же явленія, что и при движеніи магнита.

Наконецъ вдвинемъ нашу вторую катушку въ первую, оставимъ ее неподвижною внутри первой катушки и будемъ то размыкать токъ, идущій по второй катушкѣ, то снова замыкать его, мы увидимъ, что только при замыканіи и размыканіи тока во второй катушкѣ стрѣлка гальванометра будетъ отклоняться: при замыканіи въ одну и при размыканіи въ другую сторону, указывая тѣмъ самымъ на развитіе тока то въ одномъ, то въ другомъ направленіи.

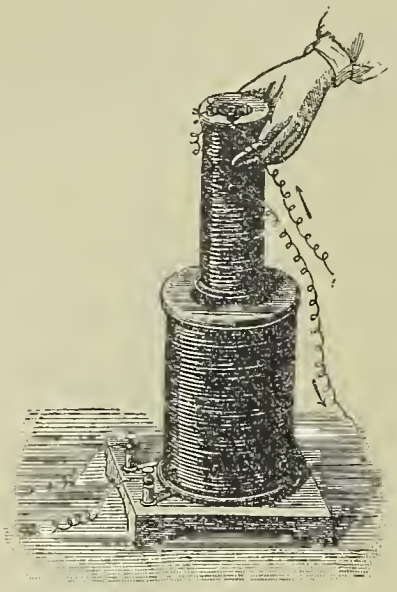


Рис. 92.

Прослѣдивъ за отклоненіями стрѣлки гальванометра, пользуясь правиломъ правой руки, мы можемъ опредѣлить направленіе токовъ, развивающихся въ нашей катушкѣ. Оказывается, что при вдвиганіи второй катушки или при замыканіи въ ней тока въ нашей первой катушкѣ развивается токъ съ направленіемъ, противоположнымъ тому, по которому идетъ токъ во второй катушкѣ. При выдвиганіи же катушки, какъ и при размыканіи въ ней тока, развивающійся въ первой катушкѣ токъ имѣетъ то же направленіе.

Изъ всѣхъ этихъ опытовъ можно прійти къ заключенію, что всякій разъ, когда усиливается или ослабляется, создается или исчезаетъ магнитное или электромагнитное поле, въ которомъ находится проволочный замкнутый проводникъ, въ послѣднемъ получается электрическій токъ.

Подобные токи называются индуктивными, а самое явленіе ихъ образованія называется электро-магнитною индукціей.

Явленія электро-магнитной индукціи находятъ обширное примѣненіе въ научныхъ и техническихъ приборахъ и машинахъ. Описаніе телефоновъ, динамо-машинъ и др. приборовъ, основанныхъ на явленіи индукціи, читатель найдетъ въ статьяхъ «Народной Энциклопедіи» въ отдѣлѣ «электро-техники» и спеціальныхъ сочиненіяхъ; здѣсь же мы дадимъ описаніе очень важнаго въ наукѣ и техникѣ прибора — индукціонной спирали Румкорфа.

Индукціонная спираль, называемая также катушкою (спиралью) Румкорфа, устроена слѣдующимъ образомъ: пучокъ длинныхъ изъ мягкаго желѣза прутьевъ обвивается нѣсколькими слоями изолированной толстой мѣдной проволоки. Получается катушка, которая называется первичной обмоткой. Эта катушка обертывается пропитанной парафиномъ или какимъ-нибудь другимъ непроводникомъ бумагой, и затѣмъ на бумагу наматывается большое число витковъ изолированной тонкой проволоки; получается такъ называемая вторичная обмотка. Затѣмъ катушка укрѣпляется на подставкѣ. Въ приборъ пускается токъ въ толстую проволоку и при посредствѣ особаго приспособленія прерывателя токъ то замыкается, то размыкается. Магнитное поле при этомъ измѣняется съ каждымъ замыканіемъ и размыканіемъ тока въ первичной обмоткѣ, и въ наружной катушкѣ развивается индуктивный токъ. Напряженіе тока на концахъ тонкой катушки бываетъ настолько велико, что между ними можетъ проскочить электрическая искра. Искра будетъ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ чаще прерывается токъ, чѣмъ больше число витковъ во вторичной обмоткѣ и чѣмъ сильнѣе токъ, проходящій въ первичной обмоткѣ. На приложенномъ рисункѣ 93 изображена индукціонная спираль современной конструкціи [1]).

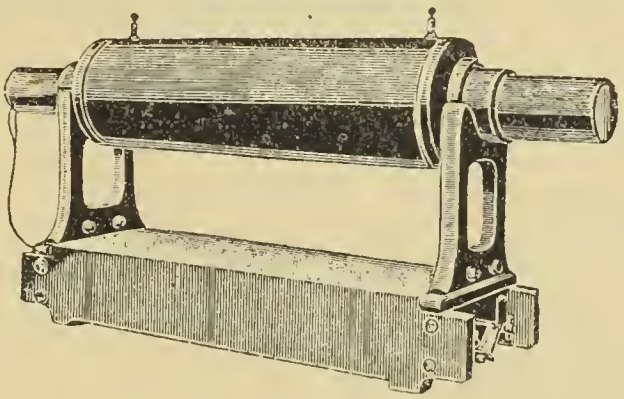


Рис. 93.

25. Явленія, сопровождающія электрическій разрядъ въ газахъ.

Если два изолированныхъ проводника, напр., два изолированныхъ шарика, отдѣлены другъ отъ друга воздухомъ или другимъ газомъ, то, пока разность потенціаловъ на нихъ не достигнетъ вполнѣ опредѣленной для каждаго разстоянія шариковъ величины, разряда не происходитъ. Если же достаточно повысить разность потенціаловъ, то происходитъ разрядъ, сопровождающійся большимъ образованіемъ тепла,—получается электрическая искра.

---

[1]) Устройство различныхъ прерывателей читатель найдетъ въ учебникахъ физики.

Чѣмъ больше разстояніе шариковъ, тѣмъ большихъ разностей потенціаловъ требуетъ разрядъ искрою.

Электрическія машины и индукціонныя катушки большихъ размѣровъ могутъ давать очень большія искры—до цѣлаго метра длиною и даже болѣе.

Электрическая искра бываетъ прямолинейной только на малыхъ разстояніяхъ. На большихъ же разстояніяхъ разрядъ происходитъ не по прямой линіи, и искра, обнаруживающая направленіе разряда, имѣетъ очень причудливый видъ. Прилагаемый рисунокъ 94 изображаетъ одну изъ искръ, проскочившихъ на разстояніи въ 18 сантиметровъ.

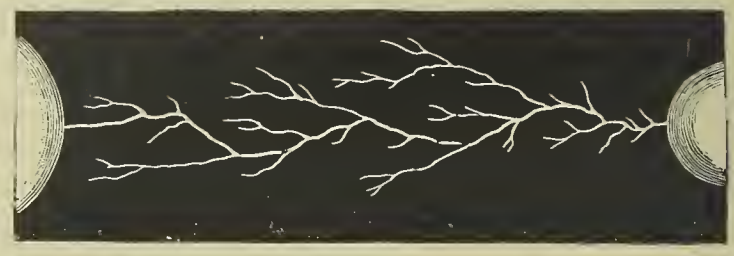


Рис. 94.

Видъ искры обусловливается состояніемъ воздуха: разрядъ происходитъ по линіи наименьшаго сопротивленія,—каждая пылинка проводящаго вещества въ воздухѣ помогаетъ разряду.

Электрическая искра сопровождается (большимъ) трескомъ, протекаетъ въ теченіе очень малаго промежутка времени, въ теченіе котораго она, однако, производитъ большую работу и развиваетъ много тепла.

Бумага, иногда даже стекло, пробивается электрической искрой; смоченная бензиномъ вата воспламеняется. Въ природѣ мы имѣемъ огромныя искры—это молніи.

Совсѣмъ иной видъ получаетъ разрядъ въ пространствѣ съ разрѣженнымъ газомъ. Для изученія явленій разряда въ разрѣженномъ пространствѣ берутъ стеклянную трубку (рис. 95) длиною въ 15—20 см., запаиваютъ ея концы, и въ эти концы впаиваютъ платиновыя проволоки A и K. Трубка имѣетъ отростокъ O, черезъ который можно выкачивать насосомъ газъ. Проволоки A и K такой трубки носятъ общее названіе электродовъ; проволока, соединенная съ положительнымъ полюсомъ источника разряда, называется анодомъ, другая же, соединенная съ отрицательнымъ полюсомъ, носитъ названіе катода. Соединимъ

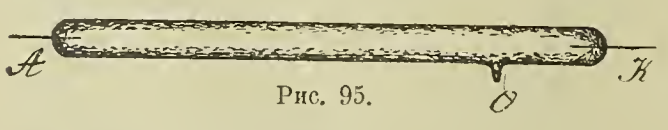


Рис. 95.

электроды нашей трубки съ полюсами такого источника, который въ воздухѣ даетъ искры небольшой длины, напр., сантиметра въ 2, тогда между проволоками искра не проскочитъ. Но если мы станемъ разрѣжать черезъ отростокъ O насосомъ воздухъ въ трубкѣ, то замѣтимъ, какъ постепенно является сначала свѣтлая струйка розоваго цвѣта, при дальнѣйшей работѣ насоса эта струйка расширяется, постепенно заполняя свѣченіемъ пространство трубки, и, при упругости оставшагося газа въ $1^1/_2$ миллиметра, то-есть когда останется въ трубкѣ только $^1/_{300}$ доля бывшаго въ ней воздуха, трубка сіяетъ ровнымъ и спокойнымъ розовымъ свѣтомъ. Если продѣлывать такой опытъ съ трубкой, содержащей другой какой-либо газъ, то повторились бы тѣ же явленія, съ разницей въ окраскѣ свѣченія: въ случаѣ водорода, напр., свѣченіе имѣло бы яркую малиновую окраску, въ случаѣ углекислоты—бѣлую.

При внимательномъ разсмотрѣніи оказывается, что свѣченіе газа въ трубкѣ при упругости въ $1^1/_2$ миллиметра—*слоистое*—свѣтлые слои отдѣлены другъ отъ друга темными. При дальнѣйшемъ разрѣженіи темные слои увеличиваются, и при давленіи въ сотыя доли миллиметра въ трубкѣ совершенно темно; только отъ катода распространяется очень слабое фіолетовое свѣченіе, и противъ катода свѣтится—*флуоресцируетъ*, стекло. Для удобства изслѣдованія разряда при такихъ сильныхъ разрѣженіяхъ катодъ устраивается въ формѣ металлическаго кружка, припаяннаго къ платиновой проволокѣ, а анодъ помѣщаютъ не противъ катода, а гдѣ-нибудь въ сторонѣ. По мѣрѣ дальнѣйшаго разрѣженія усиливается пучокъ фіолетоваго свѣта, идущаго отъ катода, и свѣченіе стекла противъ него. Дотрогиваясь рукою до свѣтлаго пятна на стеклѣ трубки противъ катода, легко обнаружить, что оно нагрѣвается и дрожитъ, издавая часто звукъ, какъ будто отъ катода идетъ какая-то бомбардировка. Мы выражаемъ эту мысль, говоря, что отъ катода распространяются *катодные лучи*.

Для того, чтобы познакомиться съ природой этихъ катодныхъ лучей, мы приведемъ слѣдующія ихъ свойства.

1. Свѣченіе въ трубкѣ съ очень большимъ разрѣженіемъ совершенно не зависитъ отъ газа, наполняющаго трубку.

2. Катодные лучи вызываютъ флуоресценцію множества тѣлъ, на которыя они падаютъ, въ томъ числѣ и стекло.

3. Катодные лучи поглощаются всѣми тѣлами, если имъ приходится проходить черезъ достаточную толщу тѣлъ, и проходятъ черезъ очень тонкія пластинки нѣкоторыхъ металловъ, напр., алюминія.

4. Катодные лучи распространяются по прямымъ линіямъ перпендикулярно къ поверхности катода, независимо отъ положенія анода, вслѣдствіе чего получаются тѣни въ трубкахъ съ высокимъ разрѣженіемъ, если на пути катодныхъ лучей находится достаточно толстый предметъ. Въ послѣднемъ убѣждаются на опытѣ съ трубкой, представленной на рис. 96. Въ этой трубкѣ K—катодъ, A—анодъ и кромѣ того внутри трубки укрѣпленъ алюминіевый крестъ. На задней стѣнкѣ трубки S на свѣтло-зеленомъ фонѣ стекла, флуоресцирующаго подъ вліяніемъ катодныхъ лучей, получается тѣнь креста, подобная тѣнямъ обыкновенныхъ предметовъ, освѣщаемыхъ свѣтомъ.

Рис. 96.

Рис. 97.

5. Катодные лучи идутъ перпендикулярно къ поверхности катода, и если катодъ-пластинка вогнута, то фіолетовый пучокъ лучей сходится въ точку—ф о к у с ъ, подобно обыкновенному свѣту, отраженному отъ вогнутаго зеркала.

6. Катодные лучи развиваютъ много тепла при ударѣ о неподвижную пластинку. Послѣднее обнаруживается особенно рѣзко въ случаѣ, когда на пути катодныхъ лучей помѣщена платиновая пластинка; эта пластинка раскаляется лучами докрасна. Устройство трубки для подобнаго опыта видно изъ рисунка 97.

7. Катодные лучи притягиваются положительнымъ электрическимъ зарядомъ и отталкиваются отрицательнымъ. Въ этомъ убѣждаются на опытѣ съ такой трубкой (рис. 98) въ которую впаяны металлическія пластинки D и E и стеклянные кружки A и B съ отверстіемъ посрединѣ. Катодные лучи отъ катода C проходятъ черезъ отверстія въ A и B и тонкимъ пучкомъ идутъ дальше, вызывая на стѣнкѣ pp' свѣченіе въ видѣ малаго пятнышка. Если теперь

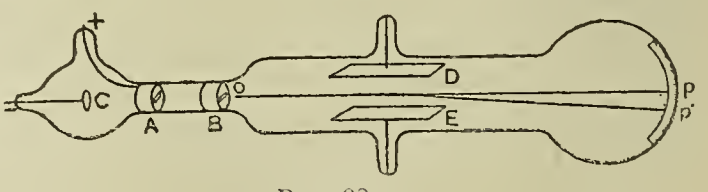


Рис. 98.

наэлектризовать пластинку E положительно, а D—отрицательно, то увидимъ, что свѣтлое пятнышко на стѣнкѣ понизится въ положеніе p', передвигаясь въ сторону къ положительному заряду.

8. Магнитъ, приближаемый къ такой трубкѣ, также перемѣщаетъ пятнышко, указывая тѣмъ самымъ на то, что катодные лучи измѣняютъ свой путь въ присутствіи магнита, подобно тому, какъ отклоняется магнитомъ электрическій токъ.

На основаніи перечисленныхъ свойствъ предполагаютъ, что *катодные лучи представляютъ собою летящія съ чрезвычайно большою скоростью отрицательно заряженныя частицы раздробленныхъ на много долей атомовъ того газа, который остался въ трубкѣ*. Скорость, съ которою несутся эти частицы атомовъ, очень велика и при большихъ разностяхъ потенціаловъ достигаетъ 100.000 километровъ въ секунду.

Эти частицы, несущіяся въ катодныхъ лучахъ, называются *электронами или корпускулами*.

Масса электрона и скорость, съ которою онъ движется, совершенно не зависятъ оттого, изъ какого газа они образовались,—иными словами, какимъ газомъ была наполнена трубка.

Ударяясь о твердую преграду, катодные лучи образуютъ новый родъ лучей, носящихъ по имени ученаго, открывшаго ихъ, названіе Рентгеновскихъ лучей. Рентгеновскіе лучи обладаютъ очень сильною проницательной способностью: они выходятъ изъ трубки наружу и, не претерпѣвая ни отраженія ни преломленія, способны проходить черезъ множество непрозрачныхъ для обыкновеннаго свѣта предметовъ. Трубка для полученія рентгеновскихъ лучей представляетъ собою шаръ (рис. 99) обыкновенно съ тремя отростками a, b и c. Во второй изъ нихъ впаяна прямая проволока съ плоскимъ дискомъ, въ первый—проволока, заканчивающаяся въ трубкѣ вогнутымъ металлическимъ кружкомъ, въ третій—проволока, несущая на концѣ — посреднѣ трубки — массивный металлическій цилиндръ, называемый *антикатодомъ*. Пространство въ трубкѣ очень сильно разрѣжено.

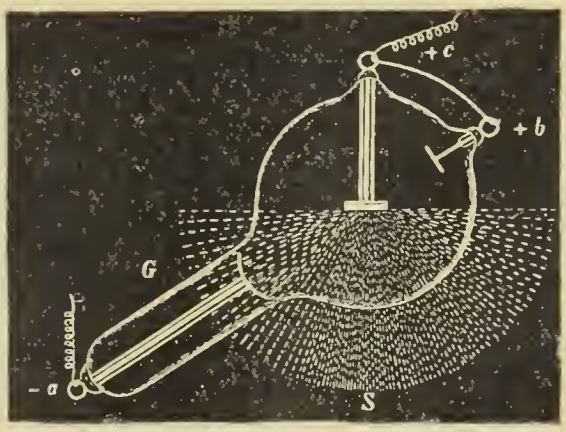


Рис. 99.

Катодные лучи отъ катода (вогнутой пластинки) *a* падаютъ на антикатодъ *c* и разбрасываются имъ, какъ свѣтъ отъ бѣлой стѣны во всѣ стороны. Эти разбросанные лучи суть рентгеновскіе лучи: они идутъ отъ антикатода, падая на стекло трубки, заставляютъ его очень сильно флуоресцировать, проходятъ черезъ стекло, выходятъ наружу и здѣсь проявляютъ свои удивительныя свойства. Картонъ, смазанный платино-синеродистымъ баріемъ, ярко свѣтится зеленымъ свѣтомъ. Сами лучи невидимы: трубку закрываютъ плотной черной бумагой, но картонъ съ платино-синеродистымъ баріемъ продолжаетъ свѣтиться, и свѣченіе его нисколько не ослабляется.

Кусокъ дерева, помѣщенный на пути лучей Рентгена, даетъ еле-еле замѣтную тѣнь на экранѣ изъ платино-синеродистаго барія. Кожа, мясо, тонкіе листы алюминія, бумага, дерево и множество другихъ предметовъ оказываются прозрачными для этихъ лучей. Однако металлы и многія вещества въ толстыхъ слояхъ поглощаютъ эти лучи и даютъ на экранѣ изъ платино-синеродистаго барія тѣни. Кости также задерживаютъ эти лучи. И если помѣстить передъ экраномъ на пути лучей руку, грудь и т. п., то можно видѣть скелетъ живого существа.

Рентгеновскіе лучи дѣйствуютъ на фотографическую пластинку, вслѣдствіе чего можно получать снимки скелетовъ живого существа со всѣми поврежденіями въ немъ. На прилагаемомъ рисункѣ читатель видитъ фотографическій снимокъ скелета грудной клѣтки, сдѣланный при помощи рентгеновскихъ лучей.

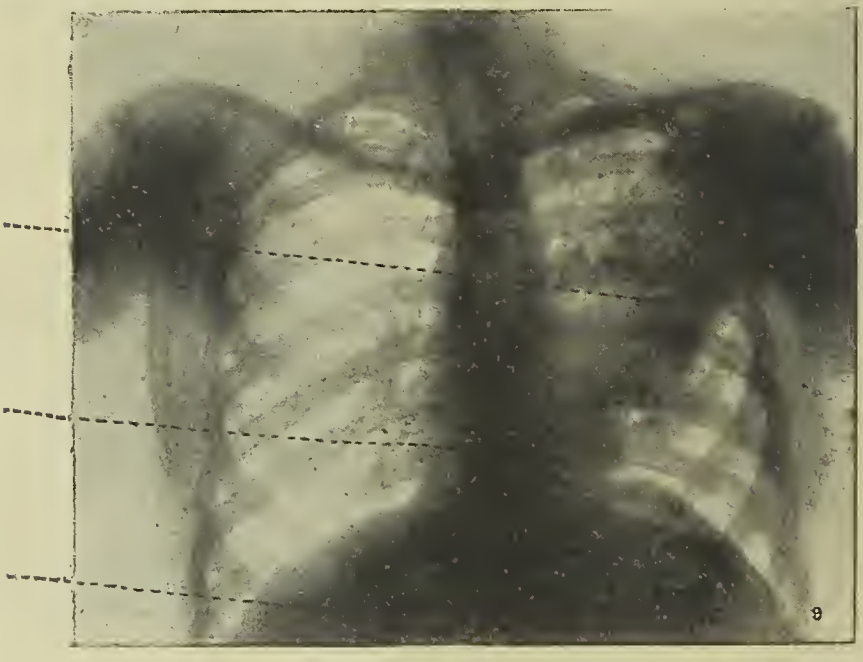


Рис. 100.

26. Электро-магнитныя волны.

Наэлектризованное тѣло, если оно изолировано, обладаетъ электрическою энергіею. Если же мы соединимъ его проводникомъ съ землею, то въ проводникѣ появится электрическій токъ,—и получится энергія электрическаго тока. За счетъ этой энергіи будетъ *во время разряда* развиваться теплота въ самой проволокѣ и создаваться магнитное поле вокругъ нея. Если мы изслѣдуемъ наше тѣло послѣ его соединенія съ землею, то увидимъ, что оно теперь не наэлектризовано, и мы скажемъ, что его электрическая энергія исчезла и превратилась въ другія формы энергіи. Этими формами энергіи мы не можемъ при обыкновенныхъ условіяхъ воспользоваться, чтобы получить снова электрическую энергію, чтобы *возвратить* тѣлу его прежній электрическій зарядъ.

Мы знаемъ, однако, явленія, въ которыхъ энергія, перейдя изъ одной формы въ другую, снова переходитъ въ первоначальную. И этотъ послѣдовательный переходъ энергіи изъ одной формы въ другую, изъ другой—въ первоначальную и т. д. можетъ продолжаться довольно долго. Это имѣемъ мы, напримѣръ, въ случаѣ колебанія маятника, гдѣ потенціальная энергія приподнятаго шарика обращается въ кинетическую энергію движенія за счетъ этой энергіи движенія маятника поднимается на прежнюю высоту, получая снова потенціальную энергію, эта потенціальная энергія снова обращается въ кинетическую и т. д. (см. ст. Теплота «Законъ сохраненія энергіи»). Сравнивая электрическую энергію наэлектризованнаго тѣла съ потенціальной энергіей приподнятаго шарика, а энергію электрическаго тока—съ энергіей движенія маятника, спросимъ себя, нельзя ли и въ электрическихъ явленіяхъ получить явленія обращенія электрической энергіи въ энергію электрическаго тока, энергіи электрическаго тока—въ энергію электрическую и такъ поперемѣнно далѣе,—другими словами, нельзя ли получить электрическія колебанія?

Англійскій ученый лордъ Кельвинъ предсказалъ возможность такихъ колебаній и далъ тѣ условія, при которыхъ эти колебанія могутъ произойти. Онъ нашелъ, что сопротивленіе цѣпи должно быть очень мало, но, кромѣ того, цѣпь должна обладать нѣкоторою емкостью и самоиндукціей.

Постараемся объяснить, что такое «самоиндукція» цѣпи. Представьте себѣ проводникъ, по которому вы намѣрены пустить токъ, и поставьте себѣ вопросъ: *сразу* ли токъ пріобрѣтетъ ту силу, которую онъ, по закону Ома, долженъ имѣть, или нѣтъ?

Вамъ извѣстно, что если какой-нибудь замкнутый проводникъ внести въ магнитное поле и затѣмъ то уничтожать, то создавать это магнитное поле, то въ проводникѣ развиваются индуктивные токи въ моменты появленія и уничтоженія поля. Эти токи имѣютъ прямо противоположныя другъ другу направленія: въ моментъ уничтоженія поля они имѣютъ то же направленіе, что и токъ, развивающій поле, въ моментъ образованія поля направленіе индуктированнаго тока противоположно.

Когда мы имѣемъ одинъ единственный проводникъ и пускаемъ по немъ токъ, то въ моментъ замыканія тока создается магнитное поле. Это поле развиваетъ въ томъ же проводникѣ противоположно направленный индуктивный токъ, который долженъ ослаблять силу пущеннаго нами тока. Въ моментъ размыканія тока исчезаетъ поле и въ проводникѣ долженъ явиться токъ съ тѣмъ же направленіемъ, какъ и пущенный нами токъ, вслѣдствіе чего нашъ токъ усилится [1]). Слѣдовательно, въ моментъ замыканія сила тока въ проводникѣ будетъ меньше, чѣмъ слѣдуетъ по закону Ома, въ моментъ размыканія—больше. Такое явленіе ослабленія въ началѣ и усиленія тока въ концѣ дѣйствительно существуетъ, и оно называется самоиндукціей.

Самоиндукція напоминаетъ нѣсколько инерцію: тѣло не сразу приходитъ въ быстрое движеніе, какъ подѣйствовала сила, и не сразу останавливается, когда сила прекратила свое дѣйствіе.

Самоиндукція происходитъ вслѣдствіе возникновенія и исчезновенія магнитнаго поля, и ея величина зависитъ отъ силы этого поля. Сила магнитнаго поля зависитъ отъ числа оборотовъ проволоки, по которой идетъ токъ, развивающій поле, и отъ силы самого тока. Поэтому и величина самоиндукціи зависитъ отъ тѣхъ же обстоятельствъ: самоиндукція тѣмъ больше, чѣмъ больше число витковъ проволоки, по которымъ идетъ токъ, и чѣмъ больше сила тока.

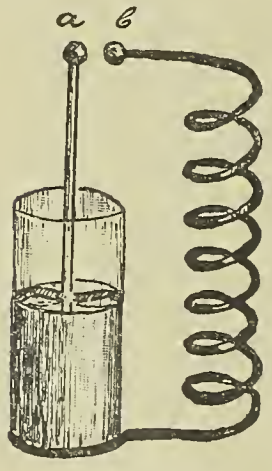


Рис. 101.

Представимъ теперь такую цѣпь: имѣемъ заряженную лейденскую банку; къ ея наружной обкладкѣ прикрѣплена однимъ концомъ проволока, свитая спиралью и оканчивающаяся на другомъ концѣ шарикомъ b (рис. 101). Мы знаемъ, что если между шарикомъ a,

[1]) Вѣрнѣе, если мы исключимъ изъ цѣпи источникъ тока, напр., электрическую батарею, и замѣнимъ его равнымъ сопротивленіемъ, то по цѣпи будетъ нѣкоторое время продолжать итти токъ того же направленія.

присоединеннымъ къ внутренней обкладкѣ банки, и шарикомъ *b* проскочитъ искра, то по проволокѣ пойдетъ токъ. Отчего зависитъ сила этого тока?—Несомнѣнно, отъ количества электричествъ, скопившихся на внѣшней и внутренней обкладкѣ банки. Количество электричества при данномъ потенціалѣ зависитъ отъ емкости: чѣмъ больше емкость, тѣмъ больше количество электричества, и слѣдовательно, тѣмъ больше и сила тока. А такъ какъ величина самоиндукціи тѣмъ больше, чѣмъ больше сила тока, то при достаточной электроемкости банки мы можемъ получить и достаточную самоиндукцію. Наша цѣпь, слѣдовательно, обладаетъ достаточной электроемкостью и самоиндукціей.

Посмотримъ теперь, какое вліяніе на разрядъ нашей системы должна оказать самоиндукція? Пусть наружная обкладка несетъ на себѣ положительный зарядъ, и пусть разность потенціаловъ между обкладками настолько велика, что между шариками *a* и *b* проскакиваетъ искра. Тогда пойдетъ токъ по проволокѣ. Вслѣдствіе самоиндукціи токъ сначала слабъ, затѣмъ постепенно увеличивается, и когда потенціалы внутренней и внѣшней обкладокъ уже сравняются, токъ все еще будетъ итти, искра еще не прекратится, такъ какъ самоиндукція направляетъ токъ въ ту же сторону и приноситъ теперь на внутреннюю, только передъ тѣмъ разрядившуюся, обкладку банки положительный зарядъ. Внѣшняя обкладка вслѣдствіе индукціи получитъ отрицательный зарядъ. Искра исчезла, но ненадолго. Какъ только потенціалы перемѣнившихся электрическихъ зарядовъ на обкладкахъ банки достигнутъ снова наибольшей величины, снова проскочитъ искра и въ цѣпи пройдетъ токъ, но какъ искра такъ и токъ будутъ теперь имѣть противоположное направленіе и теперь они перенесутъ на внѣшнюю обкладку банки положительное электричество, а на внутренней образуется отрицательное, и такъ далѣе. Искра будетъ бить то въ одну сторону, то въ другую, поочередно; также и токъ будетъ итти то въ ту, то въ другую сторону. Такимъ образомъ, произойдетъ такъ называемый *колебательный разрядъ*.

Какъ видимъ, для его образованія необходима достаточная емкость и самоиндукція проводниковъ цѣпи. При этомъ, понятно, сопротивленіе цѣпи должно быть очень малымъ: въ противномъ же случаѣ электрическая энергія можетъ сразу обратиться въ тепло, и колебаній не произойдетъ.

Электрическая искра сама по себѣ длится ничтожную долю секунды. Если же искра представляетъ собою колебательный разрядъ и состоитъ изъ ряда отдѣльныхъ искорокъ, то промежутки между проскакиваніями искры въ ту и другую сторону чрезвы-

чайно малы. Чтобы видѣть, что при разрядѣ лейденской банки достаточной емкости чрезъ цѣпь достаточной самоиндукціи, искра состоитъ изъ отдѣльныхъ искорокъ, колеблющихся въ ту и другую сторону прибѣгаютъ къ способу вращающагося зеркала (см. ст. «Скорость свѣта»), и такимъ образомъ убѣждаются въ дѣйствительномъ существованіи колебательнаго разряда. Рис. 102 представляетъ фотографическій снимокъ искры при

Рис. 102.

разрядѣ лейденской банки, сдѣланный при помощи быстро вращающагося зеркала.

Подобно тому, какъ маятникъ, въ концѣ-концовъ, останавливается вслѣдствіе отдачи своей энергіи другимъ тѣламъ, такъ и колебательный разрядъ не можетъ продолжаться безконечно долго: энергія, запасенная въ конденсаторѣ (лейденской банкѣ), постепенно разсѣивается въ пространство, превращаясь въ тепловую, и искра прекращается.

Читатель знаетъ, что въ то время, когда мы имѣемъ зарядъ на какомъ-нибудь проводникѣ, то въ эфирѣ окружающаго пространства является электрическое поле, а когда мы имѣемъ электрическій токъ, то въ пространствѣ, окружающемъ проводникъ съ токомъ, появляется магнитное поле. Что же произойдетъ въ пространствѣ, когда мы имѣемъ колебательный разрядъ.

Положимъ сначала, что обкладки банки, и, слѣдовательно, шарики a и b наэлектризованы. Въ этомъ случаѣ существуетъ только электростатическое поле. Затѣмъ возникаетъ разрядъ и токъ; заряды шариковъ a и b постепенно уменьшаются, токъ усиливается. Электростатическое поле убываетъ, но появляется магнитное и это магнитное поле постепенно возрастаетъ. Въ моментъ, когда шарики потеряютъ заряды, и электростатическое поле исчезаетъ или, лучше сказать, отодвигается дальше, уступая мѣсто магнитному полю, токъ достигаетъ наибольшей силы, и магнитное поле получаетъ самую большую напряженность. Затѣмъ шарики начинаютъ электризоваться противоположными зарядами, снова начинается образованіе электростатическаго поля обратнаго направленія, а магнитное поле отодвигается дальше, но вслѣдствіе убыванія тока магнитное поле ослабѣваетъ. Ша-

рики получаютъ наивысшіе заряды, токъ прекращается, значитъ, снова около нашей системы остается только электростатическое поле. Такъ дѣло происходитъ и дальше; въ эфирѣ происходятъ возмущенія: линіи силъ то исчезаютъ, то появляются; на смѣну электрическимъ силовымъ линіямъ возникаютъ магнитныя, и обратно. По временамъ существуютъ совмѣстно и тѣ и другія. Происходятъ, какъ говорятъ, *электро-магнитныя возмущенія электромагнитныя колебанія*. Эти электромагнитныя колебанія не стоятъ на мѣстѣ: съ каждымъ новымъ ударомъ искры они передаются все дальше и дальше въ эфирѣ окружающаго пространства. Въ эфирѣ, какъ говорятъ, образуются *электро-магнитныя волны*.

Для того, чтобы быть увѣреннымъ, что дѣйствительно колебательный разрядъ порождаетъ электромагнитныя волны, нужно было убѣдиться, что описанныя дѣйствія распространяются по эфиру окружающаго искру съ колебательнымъ разрядомъ пространства не мгновенно, а съ нѣкоторою конечною скоростью. Такое предположеніе высказалъ еще Фарадей, теоретически высказалъ англійскій физикъ Максвэлль, косвеннымъ путемъ выведшій, что эта скорость есть скорость свѣта, но подтвердилъ это впослѣдствіи на опытѣ нѣмецкій физикъ Герцъ. Способъ, какимъ ему удалось доказать это, будетъ изложенъ ниже, а пока ограничимся указаніемъ основной мысли Максвэлля.

Мысль эта—такая: разъ электромагнитныя волны передаются съ такою же скоростью, какъ свѣтовыя, то передаетъ ихъ одна и та же среда—эфиръ, и между тѣми и другими волнами нѣтъ существенной разницы, т.-е. свѣтъ представляетъ собою электромагнитныя колебанія. Въ этомъ положеніи заключается основа данной Максвэллемъ *электромагнитной теоріи свѣта*, которая связала три такія разнородныя области явленій, какъ свѣтъ, электричество и магнетизмъ.

Для того, чтобы обнаружить электромагнитныя волны въ пространствѣ, Герцъ воспользовался явленіемъ индукціи.

Изъ всѣхъ опытовъ, которыми онъ блестяще подтвердилъ теоретическое положеніе Максвелля, показавъ существованіе электромагнитныхъ волнъ, и опредѣливъ законы и скорость ихъ распространенія, мы опишемъ одинъ.

Для возбужденія волнъ были взяты два небольшихъ латунныхъ цилиндра, на концѣ каждаго изъ которыхъ были придѣланы латунные же шары (рис. 103).

Рис. 103.

Когда одинъ шаръ соединялся съ однимъ полюсомъ индукціонной катушки, а другой—съ другимъ, то каждая искра

катушки давала колебательный разрядъ, и вмѣстѣ съ нимъ въ пространство посылались электромагнитныя волны. Для того, чтобы обнаружить ихъ присутствіе, Герцъ согнулъ проволоку въ кольцо; на одномъ концѣ этой проволоки онъ укрѣпилъ небольшой шарикъ, на другомъ—винтъ, оканчивающійся остреемъ. Когда электромагнитныя волны достигали этого кольца, которое Герцъ назвалъ *резонаторомъ*, то по индукціи въ такомъ кольцѣ получался тоже колебательный токъ, — между шарикомъ и остреемъ винта при достаточно маломъ ихъ разстояніи проскакивала электрическая искорка. Опытъ показалъ, что наиболѣе отчетливо такая искорка получалась, когда кольцо имѣло извѣстные размѣры, при чемъ обнаружилось, что это тѣ размѣры, при которыхъ періодъ колебательнаго разряда самого резонатора равенъ періоду колебательнаго разряда *возбудителя* волнъ или, какъ его назвалъ Герцъ, вибратора.

Пользуясь такими простыми приборами, Герцъ показалъ, что электромагнитныя волны подчиняются всѣмъ тѣмъ законамъ, какимъ подчиняются волны обыкновеннаго свѣта. При помощи большого плоскаго листа цинка онъ отражалъ эти волны, а при помощи большой трехгранной призмы изъ смолы изучалъ ихъ преломленіе. Для этихъ волнъ такъ же, какъ для волнъ обыкновеннаго свѣта, существуютъ тѣла прозрачныя и тѣла непрозрачныя: металлическій листъ поглощаетъ и частью отражаетъ эти волны; дерево, стекло и множество другихъ веществъ пропускаютъ волны безпрепятственно.

Пользуясь явленіемъ отраженія и помѣщая передъ вибраторомъ большое плоское металлическое зеркало, Герцъ могъ получить *стоящія* электромагнитныя волны, вполнѣ подобныя стоящимъ звуковымъ волнамъ [1]) и стоящимъ свѣтовымъ волнамъ [2])—въ однихъ мѣстахъ получалось отсутствіе дѣйствія на резонаторъ—узлы; въ другихъ наиболѣе сильное дѣйствіе—пучности. Такія стоящія волны могутъ, однако, получаться только, если волны въ самомъ дѣлѣ бѣгутъ къ зеркалу; если онѣ, отразившись отъ него, бѣгутъ отъ него, и если эти обратныя волны встрѣчаются по пути съ прямыми волнами. Такимъ образомъ, самый фактъ образованія стоящихъ волнъ показалъ на конечную скорость распространенія электромагнитныхъ волнъ.

Зная же періодъ колебанія колебательнаго разряда вибратора и измѣривъ разстоянія между узлами и пучностями, Герцъ

---

[1]) См. статьи по Звуку.

[2]) См. статьи по Свѣту.

могъ вычислить и самую скорость распространенія электромагнитныхъ волнъ. Скорость эта оказалась равною скорости свѣта,—и этимъ было доказано полное сходство между электромагнитными волнами и волнами свѣтовыми. Разница только въ томъ, что волны электромагнитныя очень длинны (отъ нѣсколькихъ сантиметровъ до нѣсколькихъ сотъ метровъ) по сравненію съ волнами видимаго свѣта (нѣсколько десятитысячныхъ миллиметра).

Свѣтовыя волны можно замѣтить послѣ того, какъ онѣ пройдутъ огромныя разстоянія (напримѣръ, отъ звѣздъ, солнца, луны на землю). Электромагнитныя волны можно обнаруживать также на огромныхъ разстояніяхъ отъ ихъ источника; въ обоихъ случаяхъ все дѣло зависитъ отъ источника; какъ и въ случаѣ свѣта, свѣта спички не видно съ разстоянія версты, тогда какъ свѣтъ солнца виденъ съ многихъ милліоновъ верстъ, такъ и электромагнитныя волны могутъ быть обнаружены на меньшемъ или большемъ разстояніи. Герцъ могъ посылать ихъ черезъ всю длину большой комнаты,—и это въ то время (1888 г.) казалось замѣчательнымъ, и волны, даваемыя его вибраторомъ, невозможно обнаружить на разстояніи, можетъ-быть, версты, а теперь мы умѣемъ уже посылать ихъ на сотни и тысячи верстъ *въ безпроводномъ телеграфѣ.* Электромагнитныя волны даютъ возможность сноситься людямъ, очень удаленнымъ другъ отъ друга, лишь бы у одного въ рукахъ имѣлся достаточно мощный вибраторъ, а у другого—соотвѣтственный резонаторъ и для этого сношенія совершенно не нужны соединительныя проволоки, безъ чего не можетъ быть обыкновенный телеграфъ.

Послѣ опытовъ Герца можемъ съ полнымъ убѣжденіемъ сказать, что между свѣтомъ, электричествомъ и магнетизмомъ установлена связь. Каждый годъ работъ ученаго міра, принося съ собою новыя и новыя открытія, подтверждаетъ эту связь все больше и больше, и кто знаетъ, быть-можетъ, съ теченіемъ времени установятся связи между еще болѣе отдаленными явленіями. Генію человѣческаго ума границъ нѣтъ!

27. Радіоактивность.

Ученіе о радіоактивности является самой молодой отраслью физики. Она возникла вскорѣ послѣ открытія рентгеновскихъ лучей. Несмотря на кратковременное свое существованіе, ученіе о радіоактивности оказывается чрезвычайно важнымъ и оказываетъ все большее вліяніе какъ на физику, такъ и на химію.

Зарядимъ электроскопъ электричествомъ. При обычныхъ условіяхъ листочки спадаютъ очень медленно, такъ какъ воздухъ,

будучи плохимъ проводникомъ, крайне медленно отнимаетъ отъ электроскопа зарядъ. Если въ сторону электроскопа направить рентгеновскіе лучи, то онъ очень быстро разряжается, что замѣтно по быстрому спаданію листочковъ. Это указываетъ на то, что рентгеновскіе лучи *іонизируютъ* воздухъ, дѣлаютъ его проводникомъ электрическаго тока.

Возникновеніе рентгеновскихъ лучей и ихъ сущность въ настоящее время объясняются тѣми возмущеніями, которыя получаются въ эфирѣ, когда несущіяся съ огромной быстротой заряженныя катодныя частицы внезапно останавливаются, ударившись о какую-нибудь преграду. Отъ внезапной остановки стремительнаго движенія заряженныхъ частицъ въ эфирѣ образуется родъ *взрывныхъ волнъ*, какія получаются, напр., въ воздухѣ при взрывахъ, и эти волны распространяются по эфиру далѣе.

Такое объясненіе рентгеновскихъ лучей было найдено не сразу. На первыхъ порахъ было высказано предположеніе, что источникомъ ихъ является тотъ свѣтъ, который испускаютъ стѣнки трубки подъ вліяніемъ катодныхъ лучей Въ это время было извѣстно уже много *флуоресцирующихъ и фосфоресцирующихъ* тѣлъ, т.-е. такихъ, которыя, будучи подвергнуты дѣйствію свѣта, начинаютъ сами свѣтиться, либо только во время освѣщенія—флуоресценція—либо и во время освѣщенія и послѣ этого—фосфоресценція. Поэтому естественно явился вопросъ: не испускаютъ ли эти тѣла лучей, подобныхъ рентгеновскимъ? При изученіи этого вопроса французскій физикъ Беккерель пришелъ къ открытію явленія, которое положило начало ученію о радіоактивности. Оказалось, что фосфоресцирующая соль металла урана, будучи положена на фотографическую пластинку, послѣ продолжительной выдержки оставила на ней слѣдъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ она лежала. Мало того, оказалось, что соль урана испускаетъ лучи и не будучи предварительно освѣщена. Тогда было сдѣлано предположеніе, что излученіе не является результатомъ флуоресценціи, а есть свойство самаго вещества урана. Дѣйствительность оправдала это предположеніе: на опытѣ оказалось, что нефосфоресцирующія соли урана, и, наконецъ, металлическій уранъ испускаютъ лучи, дѣйствующія на фотографическую пластинку. Дальнѣйшее изслѣдованіе этихъ лучей, названныхъ «*беккерелевыми*», показало, что они, подобно рентгеновскимъ, іонизируютъ воздухъ: вблизи урана или его соединеній электроскопъ разряжается быстрѣе, чѣмъ въ обычныхъ условіяхъ.

Вскорѣ было открыто еще нѣсколько тѣлъ, испускающихъ лучи, способные проходить сквозь непрозрачныя тѣла, дѣйство-

вать на свѣточувствительную пластинку и іонизировать газы. Такія тѣла и называютъ *радіоактивными* или, иногда, короче — активными.

Г-жѣ Кюри, работавшей въ лабораторіи Беккереля, пришла счастливая мысль изслѣдовать радіоактивныя свойства отбросовъ руды, изъ которой добывается уранъ. Она нашла, что нѣкоторыя части этихъ отбросовъ, содержащихъ уранъ, обладаютъ большей активностью, чѣмъ даже самый уранъ. Отсюда она заключила, что въ этой рудѣ, кромѣ урана, имѣется еще другое вещество съ большею активностью, и поставила себѣ цѣлью выдѣлить это неизвѣстное вещество. Подвергая руду цѣлому ряду сложныхъ химическихъ и физическихъ процессовъ, при чемъ она все время испытывала радіоактивность обрабатываемаго матеріала при помощи электрометра, — она, въ концѣ-концовъ, отдѣлила соль новаго дотолѣ неизвѣстнаго элемента, радіоактивность котораго оказалась огромной, въ милліонъ разъ превышающей активность урана.

Этотъ элементъ былъ названъ *радіемъ*. Одновременно съ тѣмъ, отчасти позднѣе, было открыто еще нѣсколько радіоактивныхъ элементовъ, названныхъ полоніемъ, актиніемъ и другими именами. Активнымъ, хотя и въ меньшей, чѣмъ уранъ, степени, оказался металлъ теллуръ.

За недостаткомъ мѣста мы изложимъ здѣсь лишь нѣкоторыя свойства излученій радія, попутно указывая на особенности другихъ активныхъ веществъ. Больше всего изслѣдованъ радій, такъ какъ активность его огромна и легко поддается точному учету, объ его активности можетъ свидѣтельствовать проявленный снимокъ съ фотографіи, сдѣланный радіемъ (рис. 104). Кончикомъ

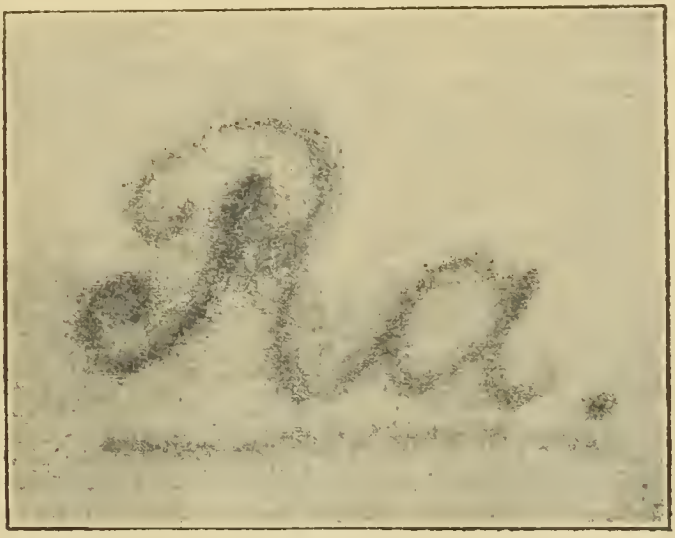


Рис. 104.

трубки, въ которой заключалась соль радія, медленно провели по фотографической пластинкѣ, завернутой въ черную бумагу, выписывая начало слова «Radium», и мы видимъ, что въ проведенныхъ мѣстахъ получился отпечатокъ. Дѣйствіе радія на электроскопъ оказывается въ милліонъ разъ больше, чѣмъ дѣйствіе урана.

Изслѣдованіе лучей, испускаемыхъ радіемъ, показало, что они неоднородны, что ихъ можно разбить на три рода лучей. Если помѣстить соль радія въ узкомъ свинцовомъ сосудѣ, поставить его между полюсами электромагнита и сверху укрѣпить флуоресцирующій экранъ платиносинеродистаго барія или фотографическую пластинку, то окажется, что съ возбужденіемъ магнитнаго поля лучи перестаютъ итти, какъ прежде шли параллельнымъ пучкомъ, дававшимъ круглое пятно на экранѣ, но сдвинутся вправо и влѣво (рис. 105), такъ что вмѣсто кружка на

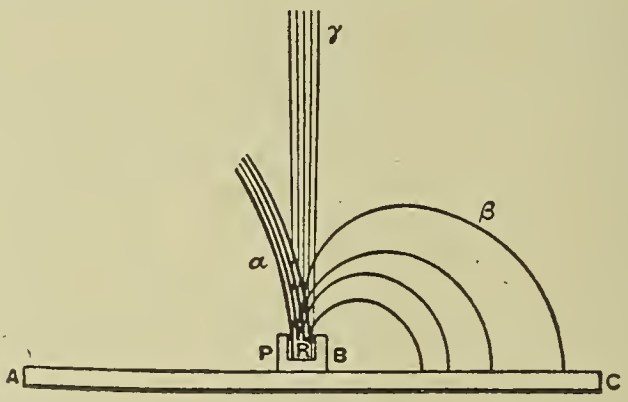


Рис. 105.

экранѣ получится цѣлая полоса. Когда магнитное поле направлено отъ нея за плоскость книги, тогда получается сильное отклоненіе вправо и очень слабое—влѣво.

Изъ этого опыта видно, что существуетъ цѣлыхъ три рода лучей, испускаемыхъ радіемъ: одни такъ называемые α *(альфа)-лучи* отклоняются слабо подъ вліяніемъ магнитнаго поля, другіе β *(бета)-лучи* отклоняются въ противоположномъ направленіи и притомъ очень сильно, и, наконецъ, третьи γ *(гамма)-лучи* магнитнымъ полемъ не отклоняются.

Не отклоняемые лучи подобны по многимъ своимъ свойствамъ рентгеновскимъ.

Отклоняемые лучи, α и β, несомнѣнно, матеріальнаго характера. Ихъ отклоненіе можно объяснить, только допустивъ, что эти лучи—потоки частицъ, несущихъ опредѣленные электрическіе заряды. Изъ того, что β-лучи отклоняются вправо, выте-

кается, что они представляютъ потокъ отрицательно заряженныхъ частицъ, подобныхъ катоднымъ лучамъ въ сильно разрѣженной трубкѣ. Точно такъ же изъ отклоненія α-лучей влѣво вытекаетъ, что они являются излученіемъ положительно заряженныхъ частицъ. Скорость движенія частицъ въ β-лучахъ огромна: она равна $^1/_{10}$ скорости движенія свѣта и свыше. α-лучи обладаютъ очень малой проницательной способностью. Стоитъ сосудикъ съ радіемъ покрытъ листомъ писчей бумаги, чтобы ихъ всѣ задержать. Бета же лучи легко проходятъ черезъ слой алюминія, толщиной въ монету. Проницательная способность γ-лучей еще больше: пройдя листъ алюминія толщиной въ 2—3 сантиметра, они еще вызываютъ замѣтное свѣченіе флуоресцирующаго экрана.

Пользуясь этой разницей въ проницательной способности, можно прямо показать, что β-лучи несутъ съ собою отрицательный зарядъ. Стоитъ положить радій на проводникъ, соединенный проволокой съ электрометромъ, и накрыть радій листомъ писчей бумаги, какъ листочки электрометра, начинаютъ расходиться. Изслѣдуя зарядъ электрометра, найдемъ, что онъ зарядился положительно. Это значитъ, что β-лучи, испускаемые радіемъ, уносятъ съ собой отрицательный зарядъ.

На этомъ явленіи основано устройство остроумнаго прибора Стрётта (рис. 106). Онъ состоитъ изъ стекляннаго, сильно разрѣженнаго сосуда, внутри котораго на кварцевой нити подвѣшена трубочка съ радіемъ a и придѣланными къ ней легкими золотыми листочками c, c. Толщина стѣнокъ достаточна для того, чтобы α-лучи не могли выйти изъ сосуда, въ то время, какъ β-лучи свободно проникаютъ черезъ нихъ. Благодаря этому, внутренній сосудикъ электризуется положительно, листочки расходятся все больше, пока не достигнутъ стѣнокъ наружнаго сосуда, присоединенныхъ къ землѣ. Потерявъ зарядъ, листочки спадаютъ, потомъ опять начинаютъ расходиться и т. д. На полное расхожденіе листочковъ въ приборѣ Стрётта, содержащемъ 30 миллиграммовъ бромистаго радія, требуется 1 минута. Приборъ этотъ работаетъ автоматично и безпрерывно и будетъ работать до тѣхъ поръ, пока не изсякнетъ лученспускательная способность радія, на что потребуется до 2.000 лѣтъ времени.

Установлено, что радій обладаетъ еще одной особенностью, отличающей его отъ другихъ тѣлъ: онъ безпрерывно выдѣляетъ теплоту. Благодаря этому, онъ оказывается на нѣсколько градусовъ теплѣе окружающихъ его тѣлъ. При помощи калориметра опредѣлили количество выдѣляемаго имъ тепла, и оказа-

лось, что оно очень значительно, а именно, граммъ радія выдѣляетъ въ одинъ часъ 100 калорій, т.-е. такое количество теплоты, какого достаточно для того, чтобы равный вѣсъ воды нагрѣть отъ 0° до 100°, т.-е. до температуры кипѣнія.

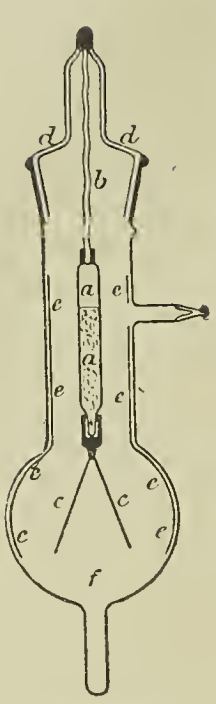


Рис. 106.

При дальнѣйшемъ изученіи радія нашли, что онъ, кромѣ вышеописанныхъ лучей, выдѣляетъ безпрерывно особое газообразное тѣло, названное эманаціей радія, которое тоже обладаетъ радіоактивными свойствами. Осѣдая на поверхности неактивныхъ тѣлъ, оно ихъ дѣлаетъ на нѣкоторое время активными. Если держать нѣкоторое время радій въ какомъ-нибудь помѣщеніи, то всѣ тѣла, находящіяся въ немъ, дѣлаются активными и сохраняютъ активность довольно долго послѣ удаленія радія. Такое помѣщеніе обладаетъ той особенностью, что въ немъ заряженныя электричествомъ тѣла очень быстро теряютъ свой зарядъ, такъ какъ воздухъ въ немъ іонизированъ. Изучая эманацію радія, заключенную въ сильно разрѣженной трубкѣ, нѣкоторые ученые нашли, что она съ теченіемъ времени переходитъ въ особый газъ—гелій. Это установили, пропуская электрическій токъ черезъ разрѣженную трубку, содержавшую эманацію радія. Съ теченіемъ времени въ спектрѣ газа, заключенномъ въ трубкѣ, стали появляться линіи гелія, которыя усилились и стали настолько яркими, что можно было считать, что эманація радія перешла въ гелій.

Это открытіе чрезвычайной важности! Въ теченіе всего новѣйшаго періода исторіи наука о природѣ строилась, какъ на прочномъ фундаментѣ, на мысли, что атомы тѣлъ неизмѣняемы, что при всѣхъ возможныхъ измѣненіяхъ, которому подвергаютъ вещества, одно остается неизмѣннымъ, — это атомы тѣлъ, и вдругъ открывается явленіе, что одинъ элементъ—радій—послѣ ряда измѣненій переходитъ въ другой элементъ—гелій!.. Послѣ этого многіе ученые начинаютъ отказываться отъ мысли о неизмѣняемости атомовъ. Нѣкоторые ученые предложили новую гипотезу, съ точки зрѣнія которой становится возможнымъ объяснить свойства радіоактивныхъ тѣлъ. Эта гипотеза предполагаетъ, что атомы различныхъ тѣлъ не являются простѣйшими, недѣлимыми, а состоятъ изъ еще болѣе мелкихъ частичекъ, названныхъ электронами. Атомъ одного тѣла,

напр., водорода, отличается отъ атома другого, напр., кислорода, только числомъ электроновъ, изъ которыхъ онъ составленъ, такъ атомъ кислорода потому въ 16 разъ тяжелѣе атома водорода, что число составляющихъ его электроновъ въ 16 разъ больше. Электроны, являясь настоящими недѣлимыми составными частями матеріи, въ то же время представляютъ изъ себя и недѣлимыя части отрицательнаго электрическаго заряда. Далѣе предполагаютъ, что электроны находятся не въ покоѣ, а въ постоянномъ вращательномъ движеніи вокругъ ядра атома, которое заряжено положительно. Положительный зарядъ ядра покрываетъ отрицательные заряды электроновъ, и потому атомъ въ цѣломъ не проявляетъ никакого заряда, пока всѣ составляющіе его электроны остаются на мѣстахъ. Вращаясь съ огромной скоростью вокругъ ядра, электроны располагаются, примѣрно, такъ, какъ планеты, вращающіяся вокругъ солнца, и остаются на своихъ мѣстахъ до тѣхъ поръ, пока скорость вращенія не становится меньше опредѣленной величины. Когда это случается, тогда происходитъ распадъ атомовъ. Электроны отрываются отъ атома и летятъ съ огромной быстротой по прямымъ линіямъ, наподобіе камня, оторвавшагося отъ нити, съ помощью которой его сильно завертѣли. Эти уносящіеся съ огромной скоростью электроны и есть знакомые намъ β-лучи радія, несущіе съ собой отрицательный зарядъ. При своемъ стремительномъ движеніи электроны могутъ сталкиваться съ частицами окружающей матеріи, напр., воздуха, происходитъ внезапная остановка быстро несшагося заряда, вызывающая собою взрывную волну въ эфирѣ, возникаютъ γ-лучи, подобные рентгеновскимъ. Одновременно съ тѣмъ происходитъ выдѣленіе изъ радія распадающихся атомовъ, лишенныхъ электрона и, слѣдовательно, проявляющихъ электроположительный зарядъ. Это α-лучи, которые, какъ мы знаемъ, движутся значительно медленнѣе β-лучей и несутъ съ собой положительный зарядъ. Процессъ распада атома долженъ сопровождаться выдѣленіемъ теплоты и поэтому становится понятнымъ, почему радій безпрерывно выдѣляетъ теплоту.

Изъ гипотезы распада атомовъ вытекаетъ возможность перехода одного химическаго элемента въ другой. Съ выходомъ нѣкотораго числа электроновъ изъ системы оставшіеся электроны перестраиваются и образуютъ атомъ, отличный отъ прежняго. Само собою разумѣется, что атомный вѣсъ полученнаго элемента долженъ быть меньше первичнаго. Дѣйствительно атомъ гелія многимъ легче атома радія.

Расчетъ при помощи механики и математики показываетъ, что чѣмъ атомъ тяжелѣе, т.-е. чѣмъ больше въ немъ электроновъ, тѣмъ онъ неустойчивѣе и тѣмъ болѣе вѣроятенъ распадъ его. Дѣйствительность вполнѣ соотвѣтствуетъ этому предсказанію. Радіоактивные элементы оказываются *самыми тяжелыми* по своимъ атомнымъ вѣсамъ.

Новѣйшія изслѣдованія надъ этими элементами приводятъ къ интересному заключенію, вполнѣ согласующемуся съ изложенной гипотезой распада атомовъ. Именно, есть основаніе предполагать, что родоначальникомъ всѣхъ радіоактивныхъ тѣлъ является уранъ. Изъ урана послѣ очень долгаго и сложнаго процесса превращенія получаются, повидимому, торій и радій.

При тщательномъ изученіи неактивныхъ элементовъ оказывается, что и они тоже радіоактивны, хотя и въ очень малой степени. Такъ обнаружена слабая радіоактивность у мѣди, цинка, платины, свинца и т. д. Правда, окончательно еще не установлено, является ли эта активность самостоятельной, присущей самимъ помянутымъ тѣламъ, или же *наведенной* съ помощью эманаціи радіоактивныхъ тѣлъ. Если предположить, что всѣ тѣла природы подвержены процессу распада атомовъ, подобно радію, то это дало бы интересное освѣщеніе вопросу о происхожденіи атомовъ тѣлъ. Нѣкоторые ученые на основаніи имѣющихся уже данныхъ склоняются къ мысли о томъ, что всѣ атомы существующихъ тѣлъ обязаны существованіемъ атому какого-то первичнаго тѣла и образовались изъ него благодаря распаду его. Въ такомъ случаѣ вмѣсто нѣсколькихъ десятковъ простыхъ тѣлъ или элементовъ, изъ сочетанія которыхъ получается многообразіе окружающаго міра, мы имѣемъ только *одно простое тѣло*. Мысль средневѣковыхъ ученыхъ объ общности мѣди и золота съ этой точки зрѣнія перестаетъ быть нелѣпой. Другое дѣло — практическая возможность получить изъ одного вещества другое. Мы видѣли, что процессы распада происходятъ по своимъ особымъ путямъ, на которые мы такъ же мало въ состояніи вліять, какъ на движеніе небесныхъ тѣлъ.

Повторяемъ, вопросъ о происхожденіи всѣхъ элементовъ отъ одного первичнаго, другими словами,—о тождествѣ всей матеріи, только поставленъ, и рѣшить его опредѣленно въ ту или другую сторону теперь еще невозможно.

Разрѣшеніе этого великаго вопроса является задачей близкаго будущаго.

А. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМІЯ.

Что такое химическое явленіе.

Въ окружающемъ насъ внѣшнемъ мірѣ мы различаемъ отдѣльные предметы по тѣмъ свойствамъ, которыя присущи этимъ предметамъ, напр. по опредѣленной формѣ, опредѣленной величинѣ. Но рядомъ съ этимъ каждый предметъ обладаетъ и такими свойствами, которыя присущи многимъ другимъ предметамъ. Такъ, если мы сравнимъ стальное перо, стальной ножъ, стальной буравъ, то мы легко замѣтимъ, что всѣ эти предметы *(тѣла)*, несмотря на различіе формы, сходны по твердости, цвѣту и нѣкоторымъ другимъ свойствамъ, которыя принадлежатъ стали.

При точномъ и подробномъ ознакомленіи съ предметами *(изученіи предметовъ)* слѣдовало бы принимать во вниманіе всѣ ихъ свойства; тогда наши свѣдѣнія о внѣшнемъ мірѣ должны были бы составить одну лишь науку. Но обширность этихъ свѣдѣній давно уже побудила раздѣлить ихъ на рядъ наукъ, болѣе или менѣе разграниченныхъ другъ отъ друга. Нѣкоторыя изъ этихъ наукъ (*ботаника, зоологія, географія* и т. д.) занимаются изученіемъ внѣшнихъ формъ предметовъ, а потому называются *описательными;* другія *(біологія, физика и химія)* посвящены изученію тѣхъ **измѣненій**, которымъ подвергаются окружающіе насъ предметы. Эти науки называются *опытными,* такъ какъ люди, занимающіеся ими, не ограничиваются наблюденіемъ тѣхъ измѣненій, которыя происходятъ въ природѣ, но производятъ **опыты**, т.-е. заставляютъ измѣненія совершаться при такихъ условіяхъ, при которыхъ лучше можно понять, въ чемъ эти измѣненія состоятъ.

Первая изъ названныхъ опытныхъ наукъ, именно біологія, посвящена изученію измѣненій одушевленныхъ предметовъ, двѣ остальныя—физика и химія — изученію измѣненій неодушевленныхъ предметовъ. Трудно провести рѣзкую границу между фи-

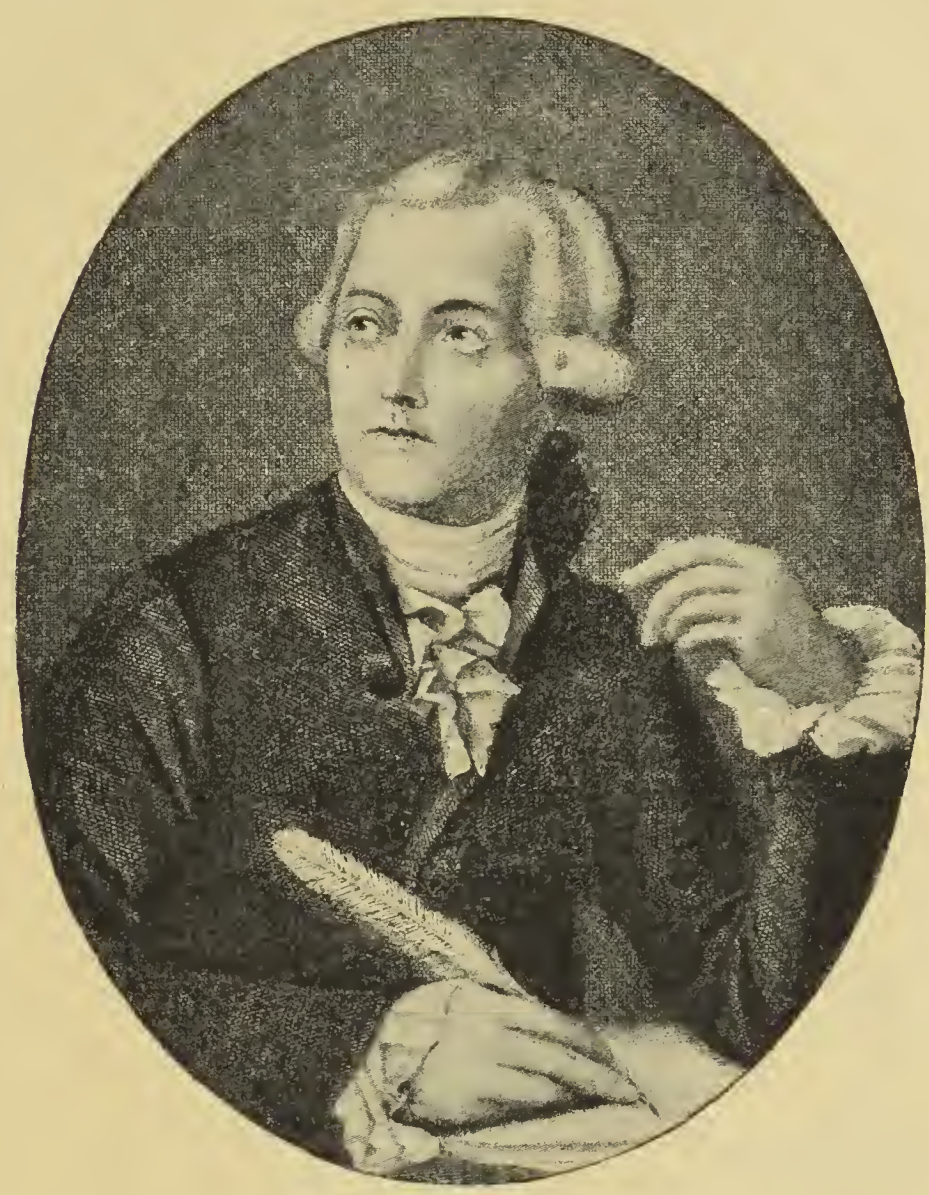
зикою и химіею, и различіе между ними удобнѣе всего выяснить, познакомившись съ примѣрами физическихъ и химическихъ измѣненій или, какъ чаще говорятъ, *явленій*. Этимъ мы и займемся.

Если мы имѣемъ кусокъ желѣза, то мы можемъ его толкнуть и тѣмъ заставить его двигаться, измѣнять положеніе въ пространствѣ. Мы можемъ также опустить нашъ кусокъ желѣза въ горячую воду; отъ этого онъ пріобрѣтаетъ способность вызывать въ рукѣ ощущеніе теплоты, другихъ же измѣненій онъ не испытаетъ. Далѣе, мы можемъ намагнитить взятый кусокъ желѣза; отъ этого онъ пріобрѣтаетъ способность притягивать нѣкоторые легкіе предметы, но другія его свойства не измѣняются. Всѣ перечисленныя явленія (движеніе, нагрѣваніе, намагничиваніе) суть **явленія физическія.** Всѣ они не сопровождаются измѣненіемъ вещества и отличаются, между прочимъ, тою особенностью, что *по удаленіи причины*, вызывающей измѣненіе, подвергшееся измѣненію тѣло болѣе или менѣе быстро приходитъ въ такое состояніе, въ какомъ оно было до измѣненія. Такъ, если мы вынемъ кусокъ желѣза, опущенный нами въ горячую воду, этотъ кусокъ постепенно будетъ охлаждаться и въ концѣ-концовъ станетъ такимъ же холоднымъ или теплымъ, какимъ былъ передъ нагрѣваніемъ.

Но желѣзо способно подвергаться и болѣе глубокимъ измѣненіямъ, чѣмъ указанныя. Такъ, если кусокъ желѣза сохраняется во влажномъ воздухѣ, то на поверхности этого куска появляется ржавчина, а затѣмъ мало-по-малу и весь кусокъ желѣза можетъ превратиться въ ржавчину. Эта послѣдняя рѣзко отличается отъ желѣза. Въ самомъ дѣлѣ, желѣзо представляетъ металлъ темно-синяго цвѣта, обладающій довольно большимъ удѣльнымъ вѣсомъ, гибкостью, твердостью и способностью притягиваться магнитомъ. Ржавчина же—вещество красновато-желтаго цвѣта, обладающее значительно меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, чѣмъ желѣзо, неспособное притягиваться магнитомъ, совершенно негибкое и очень хрупкое. Короче, различіе между желѣзомъ и ржавчиною настолько велико, что можно сказать: дѣйствіе влажнаго воздуха на желѣзо приводитъ къ уничтоженію одного вещества, именно желѣза, и къ возникновенію новаго вещества—ржавчины.

Изучая ржавчину, мы могли бы убѣдиться, что она не превращается въ желѣзо, если какимъ-либо путемъ устраняется влажный воздухъ, т.-е. та причина, которая вызывала образованіе ржавчины изъ желѣза. Двумя указанными признаками явленіе образованія ржавчины отличается отъ физическихъ явленій. Оно представляетъ примѣръ химическаго явленія. Подобно

явленію образованія ржавчины всякое **химическое явленіе** характеризуется: 1) тѣмъ, что происходитъ превращеніе взятаго вещества (въ нашемъ случаѣ—желѣза) въ новое вещество, обладающее иными физическими свойствами; 2) тѣмъ, что устраненіе



Лавуазье (Antoine Laurent Lavoisier).
1743 — 1794.

причины, вызвавшей измѣненіе первоначальнаго вещества, не достаточно для того, чтобы новое вещество превратилось въ первоначальное.

Чтобы лучше усвоить себѣ, что̀ такое химическое явленіе, сдѣлаемъ опытъ. Если смѣшать мелкія опилки желѣза (7 вѣсо-

выхъ частей) съ сѣрнымъ цвѣтомъ (4 вѣсовыя части), то получится порошокъ, въ которомъ простымъ глазомъ нельзя отличить ни крупинокъ желѣза, ни желтыхъ крупинокъ сѣры. Однако легко убѣдиться, что полученный порошокъ *не однороденъ*, т.-е. что онъ представляетъ смѣсь, составныя части которой могутъ быть отдѣлены другъ отъ друга. Уже при разсматриваніи порошка въ увеличительное стекло видно, что онъ состоитъ изъ отдѣльныхъ крупинокъ сѣры и желѣза. Далѣе, если приблизить къ порошку магнитъ, то послѣдній будетъ притягивать только желѣзо (оно будетъ имѣть желтоватый оттѣнокъ вслѣдствіе небольшого количества механически приставшей сѣры). Наконецъ, взбалтывая порошокъ въ водѣ и давая послѣдней постоять нѣкоторое время въ покоѣ, легко убѣдиться, что желѣзо, которое обладаетъ бо́льшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, чѣмъ сѣра, будетъ собираться на днѣ сосуда быстрѣе сѣры. Такимъ образомъ, взбалтывая порошокъ съ водою нѣсколько разъ, можно безъ особеннаго труда отдѣлить сѣру отъ желѣза. Итакъ, сѣра и желѣзо пока составляютъ **смѣсь**.

Но если мы помѣстимъ нѣкоторое количество этого порошка въ тонкостѣнную стеклянную трубочку, запаянную съ одного конца и открытую съ другого конца (такъ называемую *пробирку*), и начнемъ осторожно нагрѣвать запаянный конецъ этой послѣдней, напр. на газовой или спиртовой лампѣ (рис. 1), то скоро замѣтимъ, что нагрѣваемая часть порошка накалится до-красна. Если мы въ этотъ моментъ прекратимъ нагрѣваніе, то мы замѣтимъ, что нагрѣются до краснаго каленія и тѣ части порошка, которыя не нагрѣвались на лампѣ, вслѣдствіе чего у насъ получится впечатлѣніе, что порошокъ горитъ. Вынувъ послѣ охлажденія полученное спекшееся вещество изъ пробирки и разсматривая его въ увеличительное стекло, мы не различимъ въ немъ ни крупинокъ желѣза, ни крупинокъ сѣры. Далѣе, мы могли бы убѣдиться, что при приближеніи къ этому веществу магнита, онъ не притягиваетъ желѣза, хотя не подлежитъ сомнѣнію, что послѣднее въ новомъ веществѣ содержится. Наконецъ, истеревъ вещество въ порошокъ и взбалтывая этотъ послѣдній съ водою, легко убѣдиться, что такимъ способомъ не удается выдѣлить ни сѣры, ни желѣза.

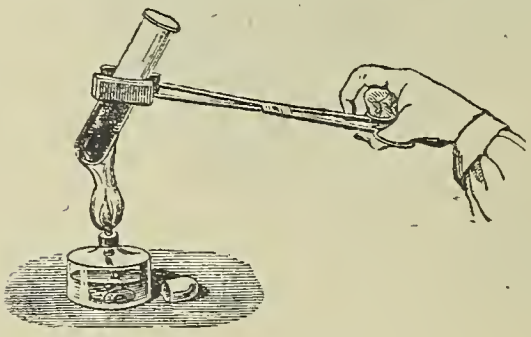


Рис. 1.

Итакъ, только что описанный опытъ нагрѣванія смѣси желѣза съ сѣрою приводитъ къ заключенію, что вмѣсто двухъ взятыхъ веществъ получается какое-то новое вещество, которое обладаетъ иными физическими свойствами, чѣмъ желѣзо и сѣра. Это вещество представляетъ **химическое соединеніе.** Въ противоположность смѣси сѣры и желѣза, оно—*однородно*, т.-е. каждая частица этого вещества, какъ бы мала она ни была, обладаетъ такими же свойствами, какъ любая другая частица его.

Изъ вышеизложеннаго видно, что установить признаки химическихъ явленій легко. Напротивъ, часто бываетъ очень трудно опредѣлить, *какія измѣненія претерпѣваютъ вещества при химическихъ явленіяхъ*. Такъ, ученые много вѣковъ тому назадъ обратили вниманіе на тѣ измѣненія, которымъ подвергается желѣзо при лежаніи на влажномъ воздухѣ; однако, сущность этого измѣненія выяснена только приблизительно за 125 лѣтъ до нашего времени.

Уже давно было извѣстно, что при дѣйствіи воздуха способно измѣняться не только желѣзо, но и другіе металлы. Было также извѣстно, что желѣзо всегда вѣситъ меньше, чѣмъ образующаяся изъ него ржавчина, и что вообще измѣненіе всякаго металла подъ вліяніемъ воздуха сопровождается увеличеніемъ вѣса. На основаніи этихъ свѣдѣній, казалось бы, можно было заключить, что тѣ вещества, въ которыя превращаются металлы при дѣйствіи воздуха, представляютъ химическія соединенія, образующіяся благодаря тому, что воздухъ или одна изъ составныхъ частей воздуха соединяется съ металлами (ср. вышеописанный опытъ съ сѣрою и желѣзомъ: онъ приводитъ къ полученію химическаго соединенія, такъ называемаго сѣрнистаго желѣза, изъ сѣры и желѣза). Къ такому заключенію и приходили нѣкоторые ученые, напримѣръ Жанъ Рей (въ 1630 г.). Но въ правильности ихъ мнѣнія, однако, сомнѣвались вплоть до тѣхъ поръ, пока начали появляться въ печати работы геніальнаго французскаго ученаго Лавуазье (1774 г.).

Лавуазье помѣщалъ въ «пустые», а правильнѣе будетъ сказать — наполненные воздухомъ сосуды, свинецъ (или олово) и, герметически [1]) закрывъ эти сосуды, подвергалъ ихъ продолжительному нагрѣванію. Производя взвѣшиванія, онъ убѣдился, что вѣсъ сосудовъ, въ которые помѣщались металлы, послѣ накаливанія оставался такимъ же, какимъ былъ до накаливанія, несмотря на то, что нѣкоторая часть взятыхъ металловъ видимо подвергалась измѣненію. Далѣе, осторожно открывъ сосуды, слу-

[1]) Т.-е. закрывъ такъ тщательно, что въ нихъ не могъ проникнуть снаружи даже воздухъ и что, обратно, изъ нихъ не могъ выйти наружу даже воздухъ.

жившіе для опыта, и снова взвѣсивъ ихъ, Лавуазье нашелъ, что вѣсъ этихъ сосудовъ послѣ открыванія увеличивался. Такъ какъ при такомъ осторожномъ открываніи сосудовъ, какое примѣнялъ Лавуазье, въ нихъ могъ проникнуть только атмосферный воздухъ, то, на основаніи опыта, естественно было думать, что увеличеніе вѣса было вызвано тѣмъ, что въ сосуды входилъ именно воздухъ. Но изъ физики извѣстно, что воздухъ (или вообще газъ), находящійся внѣ сосуда, можетъ войти въ него и вызвать увеличеніе вѣса этого сосуда лишь въ томъ случаѣ, если сосудъ не содержитъ воздуха или же содержитъ разрѣженный воздухъ, т.-е. воздухъ, находящійся подъ давленіемъ меньшимъ, чѣмъ атмосферное. Принимая это во вниманіе, естественно было задаться вопросомъ: какимъ образомъ могло случиться, что послѣ нагрѣванія металловъ въ закрытыхъ сосудахъ изъ этихъ послѣднихъ исчезла часть воздуха, а можетъ-быть, и весь воздухъ, бывшій въ нихъ до нагрѣванія? На этотъ вопросъ удовлетворительный отвѣтъ давало только предположеніе, что часть воздуха или весь воздухъ, находившійся въ сосудахъ, соединился съ металлами, войдя въ составъ химическаго соединенія. Соотвѣтственно такому предположенію, слѣдовало ожидать, что смѣсь неизмѣнившагося металла съ тѣмъ веществомъ, которое образовывалось во время нагрѣванія благодаря измѣненію металла, находившаяся въ сосудѣ, вѣсила больше, чѣмъ вѣсилъ металлъ, взятый передъ началомъ опыта. Производя взвѣшиванія, Лавуазье убѣдился, что дѣйствительно это такъ и было.

Но Лавуазье не ограничился изложенными изслѣдованіями. Чтобы подтвердить правильность своихъ выводовъ и одновременно съ этимъ выяснить, соединяется ли съ металлами весь воздухъ или же только какая-либо изъ его составныхъ частей, Лавуазье произвелъ слѣдующій опытъ. Онъ взялъ такъ называемую реторту, т.-е. стеклянный сосудъ A такой формы, какъ показано на рисункѣ (рис. 2) и согнулъ длинную шейку ея два раза. Затѣмъ Лавуазье налилъ въ реторту 4 унца чистой ртути и помѣстилъ реторту на жаровню такимъ образомъ, чтобы конецъ шейки ея находился подъ колоколомъ FG, открытый конецъ котораго былъ погруженъ въ ртуть, налитую въ такъ называемую *ванну*, т.-е. въ сосудъ RS. Далѣе Лавуазье вытянулъ изъ колокола часть

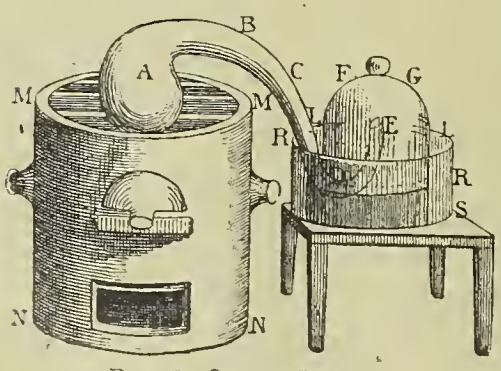


Рис. 2. Опытъ Лавуазье.

воздуха, вслѣдствіе чего уровень ртути въ колоколѣ поднялся до такой высоты, какъ показано на рисункѣ, и, отмѣтивъ этотъ уровень бумажкою, зажегъ въ жаровнѣ огонь, который поддерживалъ двѣнадцать дней сряду. Въ первый день не произошло ничего замѣчательнаго. Но на второй день на поверхности ртути начали появляться маленькія красныя частички вещества, которое въ настоящее время называется *окисью ртути*. Количество этихъ частичекъ увеличивалось въ теченіе нѣсколькихъ дней, а затѣмъ перестало увеличиваться. Черезъ 12 дней Лавуазье потушилъ огонь и далъ прибору охладиться. При этомъ обнаружилось, что количество воздуха, находившагося въ ретортѣ, ея шейкѣ и въ колоколѣ, уменьшилось, именно: до опыта объемъ этого воздуха былъ равенъ 50 кубическимъ дюймамъ, а послѣ опыта сталъ равнымъ 42 — 43 кубическимъ дюймамъ. Такимъ образомъ объемъ воздуха уменьшился приблизительно на $^1/_6$ часть.

Ближе всего было предположить, что это уменьшеніе было вызвано образованіемъ окиси ртути (см. выше) изъ ртути и одной изъ составныхъ частей воздуха. Чтобы провѣрить правильность такого предположенія, Лавуазье тщательно собралъ крупинки окиси ртути, положилъ ихъ въ маленькую стеклянную реторту, которая была соединена съ пріемниковъ для газа, и подвергъ нагрѣванію. При этомъ выдѣлилось 7—8 кубическихъ дюймовъ какого-то газа, а на стѣнкахъ и шейкѣ реторты образовался зеркальный слой ртути. Впустивъ часть собраннаго газа въ широкую пробирку и введя въ нее горящую свѣчу, Лавуазье увидѣлъ, что свѣтъ этой свѣчи сдѣлался ослѣпительно яркимъ. Затѣмъ Лавуазье ввелъ въ ту же пробирку тлѣющій уголь, при чемъ этотъ послѣдній тотчасъ загорѣлся яркимъ пламенемъ: глазамъ больно было смотрѣть на него. Тотъ же газъ, который остался послѣ опыта въ колоколѣ, оказался неспособнымъ поддерживать горѣніе и негоднымъ для дыханія: введенныя въ него животныя очень быстро погибали, а горящія тѣла мгновенно гасли, какъ будто бы ихъ погружали въ воду.

«Размышляя надъ этими опытами», говоритъ Лавуазье, «нельзя не видѣть, что ртуть при нагрѣваніи поглощаетъ самую здоровую, поддерживающую дыханіе часть воздуха, а то, что остается неноглощеннымъ, неспособно поддерживать ни дыханія, ни горѣнія. Воздухъ, слѣдовательно, состоитъ изъ двухъ газовъ, другъ другу, можно сказать, противоположныхъ. Доказательствомъ справедливости этого заключенія служитъ то, что если смѣшать 42 кубическихъ дюйма газа, неспособнаго поддерживать горѣніе, съ 8 кубическими дюймами газа, энергично поддерживающаго горѣніе, то получится воздухъ обыкновенный, вполнѣ подобный

атмосферному какъ по способности поддерживать горѣніе, такъ и по способности поддерживать дыханіе».

Итакъ, Лавуазье доказалъ, что воздухъ представляетъ смѣсь двухъ газообразныхъ веществъ, одно изъ которыхъ поддерживаетъ горѣніе и дыханіе, а также обладаетъ способностью при подходящихъ условіяхъ соединяться съ металлами. Это вещество онъ назвалъ *кислородомъ*[1]). Другое же газообразное вещество, входящее въ составъ воздуха, не способно поддерживать горѣніе и дыханіе. Это вещество названо *азотомъ*. Позднѣйшія изслѣдованія выяснили, что въ 100 объемахъ воздуха содержится около 21 объема кислорода и около 79 объемовъ азота. Кромѣ того, въ составъ воздуха входятъ ничтожныя количества другихъ газообразныхъ веществъ, главнымъ образомъ такъ называемой угольной кислоты (углекислый газъ); количество ея въ воздухѣ равно приблизительно $0{,}04\%$.

Но значеніе изслѣдованій Лавуазье не ограничивается тѣми результатами, которые указаны выше. Онъ обратилъ также вниманіе на то обстоятельство, что если между веществами, приведенными въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, происходитъ какое-либо химическое явленіе, тогда вѣсъ веществъ, которыя были взяты первоначально, всегда равенъ вѣсу получающихся продуктовъ измѣненія этихъ веществъ. Въ самомъ дѣлѣ, при нагрѣваніи металла въ закрытомъ сосудѣ (ср. стр. 131) вѣсъ сосуда съ металломъ не измѣняется, хотя часть металла соединяется съ кислородомъ воздуха, находящагося въ сосудѣ.

Только что отмѣченный результатъ наблюденій Лавуазье особенно важенъ потому, что при поверхностномъ наблюденіи кажется, будто существуютъ вещества, которыя обладаютъ способностью уничтожаться безслѣдно, не превращаясь въ соотвѣтствующія количества другихъ веществъ. Такъ, когда горитъ свѣча, то кажется, что она исчезаетъ безслѣдно,—иными словами, кажется, что горѣніе свѣчи не приводитъ къ образованію какихъ-либо новыхъ веществъ, а просто сама свѣча какъ бы испаряется. Не трудно, однако, убѣдиться, что свѣча, по мѣрѣ сгоранія, превращается въ два газообразныхъ вещества—водяной паръ и угольную кислоту (углекислый газъ). Въ самомъ дѣлѣ, помѣстимъ кусокъ свѣчи на чашку вѣсовъ (рис. 3) и подвѣсимъ надъ свѣчею открытый стеклянный цилиндръ, въ которомъ проволочныя сѣтки поддерживаютъ кусочки *ѣдкаго натра* (вещества, жадно поглощающаго угольную кислоту) и *хлористаго кальція* (вещества, жадно поглощающаго водяной паръ). Затѣмъ уравно-

[1]) Это переводъ французскаго названія газа—oxygène.

вѣсимъ вѣсы какимъ-либо способомъ, напр., насыпавъ дроби на другую чашку вѣсовъ. Послѣ того, какъ свѣча погоритъ нѣкоторое время, потушимъ ее. Давъ стеклянному цилиндру охладиться, мы увидимъ по отклоненію стрѣлки вѣсовъ, что та чашка ихъ, гдѣ находится стекло, стала тяжелѣе. Это значитъ, что хотя часть свѣчи сгораетъ, горѣніе ея, однако, приводитъ не къ уменьшенію, а къ увеличенію первоначальнаго вѣса.

Вышеописанный опытъ ясно показываетъ, что свѣча, сгорая, не исчезаетъ безслѣдно. Напротивъ, при горѣніи ея образуются вещества, которыя, будучи взяты вмѣстѣ, вѣсятъ больше, чѣмъ сгорѣвшая часть свѣчи. Позднѣе (см. стр. 194) мы увидимъ,

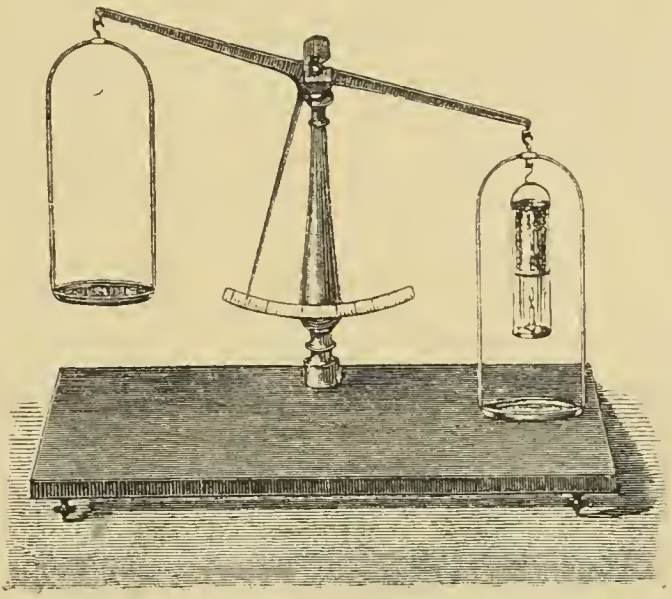


Рис. 3. Горѣніе свѣчи на вѣсахъ.

что вещества, происходящія отъ измѣненія свѣчи (водяной паръ и угольная кислота), образуются не изъ одного только матеріала свѣчи: въ ихъ образованіи принимаетъ участіе и кислородъ воздуха. Обставивъ опытъ подходящимъ образомъ, можно было бы убѣдиться, что сумма вѣсовъ водяного пара и угольной кислоты, образующихся при горѣніи свѣчи, равна суммѣ вѣса сгорѣвшаго матеріала свѣчи и того кислорода, который соединяется съ этимъ матеріаломъ.

Итакъ, приведенные опыты показываютъ, что при *химическихъ явленіяхъ измѣняется лишь составъ веществъ, но не измѣняется ихъ количество*. Иными словами, тѣ вещества, которыя имѣются на нашей планетѣ и вообще въ природѣ, могутъ претерпѣвать всевозможныя измѣненія, но общій вѣсъ этихъ веществъ (т.-е. общій запасъ вещества) не можетъ измѣниться. Существующее

вещество не можетъ исчезнуть безслѣдно, но въ то же время ни одна частица вещества не можетъ быть создана изъ «ничего»: всякое вновь возникающее вещество является результатомъ измѣненія уже существующихъ веществъ. Это правило составляетъ одинъ изъ основныхъ законовъ естествознанія. Оно называется **закономъ сохраненія вещества.**

Законъ сохраненія вещества, а также и многіе другіе химическіе законы удобнѣе всего и правдоподобнѣе всего можно объяснить слѣдующимъ предположеніемъ (*гипотезою*): на нашей планетѣ существуетъ опредѣленное (сравнительно небольшое) количество видовъ матеріи, такъ назыв. *элементовъ*, не способныхъ превращаться другъ въ друга (напр., элементъ желѣзо неспособенъ превращаться въ элементъ мѣдь). Каждый элементъ состоитъ изъ мельчайшихъ частичекъ, такъ называемыхъ *атомовъ*, которые не могутъ быть уничтожаемы. Атомы различныхъ элементовъ способны соединяться другъ съ другомъ, образуя безконечное число такъ называемыхъ сложныхъ веществъ [1]).

Элементъ, частица и атомъ.

Превращенія, которыя приводятъ къ измѣненію состава взаимодѣйствующихъ веществъ, обыкновенно называются **химическими реакціями.** Такъ, въ только-что описанномъ опытѣ Лавуазье между ртутью и воздухомъ происходила химическая реакція. Это общее названіе въ одинаковой степени приложимо къ самымъ разнообразнымъ явленіямъ. Поэтому, при описаніи химическихъ явленій обыкновенно не ограничиваются однимъ только этимъ названіемъ, но прибавляютъ къ нему слово, указывающее на сущность тѣхъ измѣненій, которымъ подвергается данное вещество или же данныя вещества. Именно, различаютъ реакціи соединенія и реакціи разложенія. Къ числу первыхъ относятся такія реакціи, при которыхъ два или большее число взятыхъ веществъ соединяются другъ съ другомъ, образуя такъ называемыя *сложныя соединенія*, или *сложныя вещества*. Примѣромъ реакціи этого рода можетъ служить реакція соединенія ртути съ кислородомъ. Въ противоположность реакціямъ соединенія, реакціи разложенія приводятъ къ образованію нѣсколькихъ веществъ изъ одного взятаго вещества. Такъ, при накаливаніи окиси ртути происходитъ реакція разложенія и образуются два вещества—ртуть и кислородъ.

[1]) Здѣсь приведены только основныя положенія гипотезы, такъ какъ болѣе подробное изложеніе дано въ слѣдующей статьѣ. («Элементъ, частица, атомъ»). Тамъ же объяснено значеніе этой гипотезы для объясненія химическихъ законовъ.

Но извѣстны и такія реакціи, при которыхъ количество взаимодѣйствующихъ веществъ не увеличивается и не уменьшается. Такъ, если мы въ двухъ сосудахъ растворимъ въ водѣ нѣкоторыя количества ляписа (стр. 248) и поваренной соли (стр. 199), напр., 34 вѣсовыя части ляписа и 11,7 вѣсов. частей поваренной соли, а затѣмъ смѣшаемъ полученные растворы, то ляписъ и поваренная соль вступятъ въ реакцію другъ съ другомъ, при чемъ получатся также два вещества: *чилійская селитра*, которая останется растворенною въ водѣ, и *хлористое серебро*. Послѣднее выдѣлится изъ жидкости въ видѣ хлопьевъ бѣлаго цвѣта, которые, спустя нѣкоторое время, соберутся на днѣ сосуда, образуя такъ называемый *осадокъ*. Реакціи такого рода, какъ только-что указанная, называются *реакціями обмѣннаго разложенія*, такъ какъ при нихъ реагирующія вещества разлагаются, обмѣниваясь своими составными частями. Въ реакціи этого рода способны вступать только сложныя соединенія, при чемъ новыя вещества, образующіяся при этихъ реакціяхъ, также являются сложными соединеніями.

Въ реакціи обмѣннаго разложенія способно вступать каждое сложное соединеніе. Благодаря этому, изъ ограниченнаго количества сложныхъ соединеній можно получить очень большое число сложныхъ же соединеній. Если же принять во вниманіе, что при реакціяхъ соединенія также образуются сложныя вещества и что эти послѣднія могутъ соединяться другъ съ другомъ, образуя еще болѣе сложныя соединенія, то станетъ ясно, что количество сложныхъ соединеній, доступныхъ нашему изученію, должно быть очень большимъ.

Можно было бы предполагать, что продукты разложенія какого-либо сложнаго соединенія, въ свою очередь, способны безконечное число разъ вступать въ реакціи разложенія, образуя безконечное число веществъ менѣе сложныхъ (или болѣе простыхъ), чѣмъ тѣ, которыя разлагались. Однако такое предположеніе противорѣчитъ опыту. Такъ, при нагрѣваніи мѣла, при достаточно высокой температурѣ (въ известково-обжигательныхъ печахъ), образуются два вещества или, какъ говорятъ, два *продукта разложенія*: одинъ — твердый, нелетучій, извѣстный подъ названіемъ «извести», другой—газообразный, извѣстный подъ названіемъ «углекислаго газа» (угольной кислоты). Каждый изъ этихъ продуктовъ разложенія мѣла способенъ разлагаться, въ свою очередь: известь—на металлъ кальцій и кислородъ, а углекислый газъ—на кислородъ и углеродъ. Но если бы мы изслѣдовали кальцій, кислородъ и углеродъ, то нашли бы, что, во-первыхъ, эти вещества не измѣняются даже при самомъ силь-

номъ воздѣйствіи теплоты, электричества и такъ далѣе, и что, во-вторыхъ, если какое-либо изъ этихъ веществъ вступаетъ въ химическую реакцію, то получающійся продуктъ всегда вѣситъ больше, чѣмъ вѣсило взятое вещество. Изъ этого мы заключаемъ, что кальцій, кислородъ и углеродъ представляютъ не сложныя, а *простыя вещества*, которыя характеризуются тѣмъ, что способны только къ реакціямъ соединенія и не способны ни къ реакціямъ разложенія, ни къ реакціямъ обмѣннаго разложенія.

Разлагая другія сложныя соединенія, мы также въ концѣ концовъ получаемъ вещества, которыя, подобно кальцію, кислороду и углероду, не могутъ быть разложены на болѣе простыя вещества при помощи доступныхъ намъ средствъ изслѣдованія и не могутъ быть превращены другъ въ друга; такъ, мы не можемъ превратить кислородъ въ кальцій или обратно—кальцій въ кислородъ. Въ виду этого, мы считаемъ простыя вещества различными видами матеріи. До настоящаго времени на землѣ найдено около 70 простыхъ веществъ или, какъ ихъ называютъ, **элементовъ.**

Изъ сказаннаго видно, что сложныя соединенія, которыхъ существуетъ громадное количество, представляютъ не что иное, какъ продукты соединенія простыхъ веществъ другъ съ другомъ. Изъ этого, однако, не слѣдуетъ, что любое количество одного элемента можетъ соединиться съ любымъ же количествомъ другого элемента. Напротивъ, многочисленныя изслѣдованія показываютъ, что какими бы разнообразными способами ни получалось данное сложное соединеніе, процентныя количества входящихъ въ это соединеніе элементовъ всегда остаются постоянными. Такъ, въ 100 вѣсовыхъ частяхъ чистаго сѣрнистаго желѣза всегда содержится 63,59 вѣсов. частей желѣза и 36, 41 вѣсов. частей сѣры или иначе: чистое сѣрнистое желѣзо всегда содержитъ 63, 59% желѣза и 36,41% сѣры. Такъ же точно, какимъ бы способомъ ни была приготовлена окись ртути (а такихъ способовъ есть нѣсколько), въ ней всегда содержится 92,59% ртути и 7,41% кислорода. Итакъ, *вѣсовыя количества элементовъ, составляющихъ какое-либо сложное соединеніе, находятся другъ къ другу въ опредѣленныхъ, постоянныхъ отношеніяхъ.* Этотъ законъ называется **закономъ постоянныхъ пропорцій.**

Далѣе было обнаружено, что два элемента, соединяясь другъ съ другомъ, во многихъ случаяхъ способны образовать не одно, а нѣсколько различныхъ соединеній. Такъ, въ природѣ встрѣчается минералъ *пиритъ*, который, подобно сѣрнистому желѣзу, состоитъ изъ сѣры и желѣза. Вѣсовое отношеніе этихъ элемен-

товъ въ пиритѣ постоянно, какъ того требуетъ законъ постоянныхъ пропорцій, но оно не таково, какъ въ сѣрнистомъ желѣзѣ. Въ самомъ дѣлѣ:

сѣрнистое желѣзо содержитъ	пиритъ содержитъ
$63{,}59^0{}_0$ желѣза,	$46{,}62^0{}_0$ желѣза,
$36{,}41^0{}_0$ сѣры	$53{,}38^0{}_0$ сѣры

или иначе: въ сѣрнистомъ желѣзѣ одна вѣсовая часть желѣза соединена съ $\frac{36{,}41}{65{,}59} = 0{,}5725$ вѣсовыхъ частей сѣры, а въ пиритѣ одна вѣсовая часть желѣза соединена съ $\frac{53{,}38}{46{,}62} = 1{,}1145$ вѣсовыхъ частей сѣры. Но если раздѣлимъ 1,1145 на 0,5725, то получимъ 2: слѣдовательно, одна вѣсовая часть желѣза, входящая въ составъ пирита, соединена съ вдвое большимъ количествомъ сѣры, чѣмъ одна же вѣсовая часть желѣза, входящая въ составъ сѣрнистаго желѣза.

Дальтонъ (John Dalton).
1766 — 1844.

Вотъ еще примѣръ. Одна вѣсовая часть сѣры способна соединяться съ одной вѣсовой частью кислорода; но существуетъ также и такое вещество, въ которомъ одна вѣсовая часть сѣры соединена съ $1^1{}_2$ вѣсов. частями кислорода. Слѣдовательно, количества сѣры, способныя соединяться съ одною вѣсовою частью кислорода, находятся другъ къ другу въ отношеніи $1 : 1^1{}_2$, т.-е. въ отношеніи 2 : 3. Подобная простота отношеній не является случайной. Изученіе всѣхъ другихъ сложныхъ соединеній приводитъ къ выводу: *если два элемента соединяются другъ съ другомъ больше, чѣмъ въ одномъ отношеніи, то различныя количества одного элемента, соединяющіяся съ однимъ и тѣмъ же количествомъ другого элемента, находятся другъ къ другу въ отношеніяхъ, выражаемыхъ простыми цѣлыми числами.* Этотъ законъ называется **закономъ кратныхъ отношеній.**

Итакъ, составъ сложныхъ соединеній подчиняется закону постоянныхъ пропорцій и закону кратныхъ отношеній, а это мо-

жетъ быть объяснено только при помощи предположенія, которое называется *атомномолекулярною теоріею*. Сущность этого предположенія заключается въ слѣдующемъ. Всѣ элементы состоятъ изъ мельчайшихъ частичекъ, такъ называемыхъ **атомовъ**, которые не могутъ быть дѣлимы на болѣе мелкія частички никакими средствами. Всѣ атомы, изъ которыхъ состоитъ одинъ какой-либо элементъ, напр. кислородъ, обладаютъ совершенно одинаковыми свойствами, одинаковою величиною и одинаковымъ вѣсомъ. Напротивъ, атомы одного элемента отличаются отъ атомовъ другого элемента и по свойствамъ, и по величинѣ, и по вѣсу. Въ свободномъ состояніи атомы элементовъ встрѣчаются лишь въ исключительныхъ случаяхъ. Обыкновенно же, подъ вліяніемъ силы взаимнаго притяженія, два или большее число атомовъ соединяются другъ съ другомъ, образуя **молекулы** (частицы) элементовъ. Но атомы одного элемента могутъ также соединяться и съ атомами другихъ элементовъ, при чемъ образуются молекулы сложныхъ соединеній.

Принявъ такое предположеніе, легко объяснить, почему составъ сложныхъ соединеній подчиняется закону кратныхъ отношеній и закону постоянныхъ пропорцій. Въ самомъ дѣлѣ, если сложныя соединенія состоятъ изъ атомовъ, каждый изъ которыхъ обладаетъ опредѣленнымъ вѣсомъ, то составъ сложныхъ соединеній долженъ подчиняться закону постоянныхъ пропорцій. Допустимъ, напримѣръ, что каждая молекула поваренной соли состоитъ изъ одного атома натрія (вѣсъ котораго равенъ 23,05 единицамъ), и одного атома хлора (вѣсъ котораго равенъ 35,45 единицамъ). Въ такомъ случаѣ эти два элемента, образуя поваренную соль, должны соединяться въ отношеніи 23,05 : 35,45. Слѣдовательно, въ каждыхъ 58,5 (23,05 + 35,45) вѣсовыхъ частяхъ поваренной соли должны содержаться 23,05 вѣсов. части натрія и 35,45 вѣсов. части хлора, или же въ 100 вѣсовыхъ частяхъ поваренной соли должны содержаться 26,73 вѣсов. части натрія и 73,27 вѣсов. части хлора. И дѣйствительно, поваренная соль имѣетъ такой составъ.

Допустимъ далѣе, что одинъ атомъ сѣры можетъ соединиться съ двумя атомами кислорода, но можетъ также соединиться и съ тремя атомами кислорода. Въ такомъ случаѣ количества кислорода, способныя соединяться съ однимъ и тѣмъ же количествомъ сѣры, конечно, должны находиться другъ къ другу въ отношеніи, выражаемомъ простыми цѣлыми числами, именно въ отношеніи 2 : 3.

Самыя реакціи соединенія, реакціи разложенія и реакціи обмѣннаго разложенія представляютъ не что иное, какъ

явленія соединенія и разъединенія атомовъ, приводящія къ образованію новыхъ молекулъ на счетъ молекулъ уже существующихъ.

Но значеніе только что изложенной теоріи не ограничивается тѣмъ, что она объясняетъ химическіе законы и химическія реакціи. Она оказываетъ химику и рядъ другихъ услугъ. Такъ, принявъ ее, мы получаемъ возможность очень удобно выражать составъ сложныхъ соединеній. Для достиженія этой цѣли элементы обозначаютъ условными знаками [1]). Такъ, водородъ обозначаютъ знакомъ H, сѣру—знакомъ S, кислородъ—знакомъ O, натрій—знакомъ Na, азотъ—знакомъ N, серебро—знакомъ Ag и т. д. Затѣмъ, желая выразить составъ какого-либо сложнаго соединенія, пишутъ рядомъ условные знаки тѣхъ элементовъ, которые входятъ въ составъ этого соединенія, и снабжаютъ написанные знаки цифрами, которыя указываютъ, сколько атомовъ каждаго рода входитъ въ составъ молекулы. Ради удобства, цифрамъ придаютъ видъ маленькихъ значковъ, которые пишутся съ правой стороны знаковъ элементовъ, цифру же «1» вовсе не пишутъ. Напримѣръ, составъ поваренной соли выражаютъ **формулою** $NaCl$. Эта формула указываетъ, что каждая молекула поваренной соли состоитъ изъ одного атома натрія и одного атома хлора. Составъ сѣрной кислоты выражается формулою H_2SO_4, которая указываетъ, что каждая молекула сѣрной кислоты состоитъ изъ двухъ атомовъ водорода, одного атома сѣры и четырехъ атомовъ кислорода. Составъ ляписа выражается формулою $AgNO_3$, которая указываетъ, что каждая молекула ляписа состоитъ изъ одного атома серебра, одного атома азота и трехъ атомовъ кислорода.

Далѣе, важною заслугою атомно-молекулярной теоріи является то обстоятельство, что она даетъ возможность опредѣлять, во сколько разъ атомъ одного элемента, напримѣръ кислорода, вѣситъ больше или же меньше, чѣмъ атомъ любого другого элемента. О томъ, какъ производятся опредѣленія, здѣсь нельзя сообщить въ виду сложности вопроса. Результаты же опредѣленій, такъ называемые **атомные вѣса** нѣкоторыхъ элементовъ, приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ:

---

[1]) Въ тѣ времена, когда открывались вышеприведенные законы, получались новыя простыя вещества, изучались реакціи—короче, когда возникала химія, какъ наука,—у ученыхъ все еще былъ въ употребленіи латинскій языкъ. Знаки элементовъ суть первыя буквы ихъ латинскихъ названій. Водородъ на латинскомъ языкѣ назывался Hydrogenium (гидрогеніумъ), сѣра—Sulphur (сульфуръ), азотъ—Nitrogenium (нитрогеніумъ) и т. д. Первыя буквы этихъ названій и служатъ знаками элементовъ.

ТАБЛИЦА I.

Названія элементовъ (наиболѣе важныхъ).	Атомные вѣса.	Названія элементовъ (наиболѣе важныхъ).	Атомные вѣса.
Азотъ	14,01	Марганецъ	54,93
Алюминій	27,10	Мышьякъ	74,96
Барій	137,37	Мѣдь	63,57
Боръ	11,00	Натрій	23,00
Бромъ	79,92	Никкель	58,68
Висмутъ	208,00	Олово	119,00
Водородъ	1,008	Платина	195,20
Желѣзо	55,85	Ртуть	200,00
Золото	197,20	Свинецъ	207,10
Іодъ	126,92	Серебро	107,88
Кадмій	112,40	Сурьма	120,20
Калій	39,10	Сѣра	32,07
Кальцій	40,09	Углеродъ	12,00
Кислородъ	16,00	Фосфоръ	31,04
Кобальтъ	58,97	Хлоръ	35,46
Кремній	28,30	Хромъ	52,00
Магній	24,32	Цинкъ	65,37

Вода въ природѣ.

Однимъ изъ наболѣе важныхъ веществъ является вода. Она очень распространена въ природѣ. Зимою въ нашемъ климатѣ она встрѣчается въ твердомъ состояніи—въ видѣ снѣга и льда. Затѣмъ вода наполняетъ рѣки, озера, моря и другія водовмѣстилища, покрывая около $^4/_5$ земной поверхности. Наконецъ, вода въ видѣ пара постоянно находится въ воздухѣ. Должно также отмѣтить, что вода составляетъ важную составную часть животныхъ и растительныхъ организмовъ.

Вода, находимая въ природѣ, всегда заключаетъ въ себѣ различныя растворимыя вещества. Напримѣръ, въ 1.000 вѣсовыхъ частей морской воды содержится около 35 вѣсовыхъ частей твердыхъ веществъ (главнымъ образомъ поваренной соли), тогда какъ въ 1.000 вѣсовыхъ частей хорошей питьевой воды содержится лишь около $^1/_2$ вѣсовой части твердыхъ веществъ. Наименьшее количество постороннихъ веществъ содержитъ дождевая вода. Рѣчная и колодезная вода менѣе чиста, чѣмъ дождевая, но болѣе чиста, чѣмъ вода морей и особенно воды нѣкоторыхъ озеръ, расположенныхъ среди материковъ (напр., Баскунчакское озеро въ Астраханской губерніи). Причину указанныхъ различій въ чистотѣ понять легко.

Подъ вліяніемъ солнечной теплоты непрерывно происходитъ образованіе пара—вода рѣкъ, озеръ и морей испаряется. Получающійся такимъ образомъ водяной паръ частью остается разсѣяннымъ въ воздухѣ, частью же поднимается въ верхніе слои атмосферы, гдѣ образуетъ облака, которыя носятся надъ земною поверхностью. Но если облака въ какой-либо мѣстности подвергнутся достаточному охлажденію, то образующій ихъ паръ переходитъ въ жидкое или твердое состояніе и падаетъ на землю въ видѣ дождя или снѣга. Понятно, что капли дождя во время паденія на землю успѣваютъ насытиться газами, входящими въ составъ воздуха, а также частью растворить, частью увлечь механически нѣкоторое количество различныхъ твердыхъ веществъ, которыя носятся надъ землею въ видѣ пыли. Этимъ объясняется присутствіе примѣсей въ дождевой водѣ. Далѣе, дождевая вода, упавшая на землю, отчасти снова переходитъ въ парообразное состояніе, отчасти задерживается верхними слоями почвы; въ послѣднемъ случаѣ она служитъ для питанія растеній. Однако, большая часть дождевой воды и воды, образующейся при таяніи снѣга и льда, проникаетъ въ глубь почвы, гдѣ образуетъ подземные источники, или же стекаетъ по поверхности земли, вливаясь въ рѣки, озера и моря. Въ эти же надземныя водовмѣстилища, послѣ болѣе или менѣе длиннаго пути подъ подверхностью земли, собирается также и вода большинства подземныхъ источниковъ. Но, приходя въ соприкосновеніе съ землею, дождевая вода должна растворять многія вещества, входящія въ составъ почвы. Вслѣдствіе этого вода, находимая на землѣ, неизбѣжно должна содержать большее количество веществъ, чѣмъ дождевая.

Однако въ водѣ рѣкъ и озеръ, впадающихъ въ моря, рѣдко содержится большое количество примѣсей, такъ какъ вода такихъ рѣкъ и озеръ непрерывно обновляется, замѣняясь сравнительно чистою водою дождей и подземныхъ источниковъ. Въ иномъ положеніи находятся моря и не сообщающіяся съ морями озера: вода ихъ не обновляется, между тѣмъ какъ впадающія въ нихъ рѣки постоянно приносятъ все новыя и новыя количества такихъ растворенныхъ веществъ, которыя не способны переходить въ газообразное состояніе подъ вліяніемъ солнечной теплоты.

Итакъ, вода, находимая въ природѣ, всегда содержитъ большее или меньшее количество примѣсей. Эти послѣднія вліяютъ на качество воды, обусловливая примѣнимость даннаго образца ея для тѣхъ или иныхъ цѣлей. Такъ, если вода содержитъ большое количество веществъ, въ составъ которыхъ вхо-

дитъ известь [1]), то она непримѣнима для варки овощей, стирки бѣлья и т. п. Такая вода называется *жесткою*. Она характеризуется тѣмъ, что при болѣе или менѣе продолжительномъ стояніи на воздухѣ, а также при кипяченіи даетъ осадки, содержащіе известь. Эти осадки часто образуютъ въ паровыхъ котлахъ накипи, очень вредныя для стѣнокъ котловъ. Жесткою часто бываетъ колодезная вода. — Такъ называемая *мягкая* вода отличается отъ жесткой тѣмъ, что содержитъ очень мало известковыхъ солей. Такая вода обыкновенно обладаетъ непріятнымъ вкусомъ дождевой воды, но является прекрасно примѣнимой для стирки, для питанія паровыхъ котловъ и т. д. Мягкою всегда бываетъ дождевая вода и обыкновенно рѣчная вода.— Далѣе, такъ назыв. *минеральная вода*, въ зависимости отъ состава, извѣстна подъ различными названіями, напр., горькой минеральной воды [2]), щелочно-минеральной воды [3]) и т. д. Образчиками естественныхъ (т.-е. находимыхъ въ природѣ) минеральныхъ водъ могутъ служить вода «Виши», «Карлсбадская вода», «Нарзанъ» и пр. Отъ естественныхъ минеральныхъ водъ отличаютъ *искусственныя минеральныя воды*. Наиболѣе распространенною изъ нихъ является сельтерская вода, которую получаютъ, насыщая чистую воду (см. стр. 145) углекислымъ газомъ подъ большимъ давленіемъ.

Но качество воды и ея пригодность для различныхъ цѣлей обусловлены не только присутствіемъ веществъ, растворенныхъ въ ней. Не меньшее значеніе имѣютъ и такія примѣси, которыя лишь механически примѣшаны къ водѣ, дѣлая ее *мутною* въ большей или меньшей степени. Такія примѣси легко могутъ быть удаляемы при помощи *фильтрованія*. Этотъ способъ состоитъ въ томъ, что мутную воду процѣживаютъ (*фильтруютъ*) черезъ пористыя тѣла, напримѣръ пористыя глиняныя пластинки (на этомъ основано устройство домашнихъ фильтровъ). Если же бываетъ необходимо очищать большія количества мутной воды, то примѣняютъ большіе приборы, наполненные тщательно промытымъ пескомъ. Среди крупинокъ этого послѣдняго со временемъ появляется слой водорослей (растеній, живущихъ въ водѣ) и бактерій (очень мелкихъ, видимыхъ лишь въ микроскопъ, организмовъ). Тѣ и другія приносятъ большую пользу, уничтожая микроорганизмы (организмы, видимые лишь въ микроскопъ), вызывающіе болѣзни, а также микроорганизмы, вызы-

[1]) Въ частности, большое количество углекислаго кальція, $CaCO_3$, и сѣрнокислаго кальція, $CaSO_4$ (см. стр. 235 и 249).

[2]) Содержитъ сѣрнокислый магній—горькую соль, названную такъ по вкусу (стр. 238).

[3]) Содержитъ углекислый натрій (соду) и двууглекислый натрій (стр. 243).

вающіе гніеніе. Такимъ образомъ вода, процѣженная черезъ большіе песочные фильтры, становится не только чистою, но и почти совершенно обеззараженною.

Для добыванія питьевой воды часто устраиваютъ такъ называемые *артезіанскіе* (или абиссинскіе) *колодцы*, которые доставляютъ воду, находящуюся подъ землею на большой глубинѣ. Такая вода также обыкновенно бываетъ и прозрачною, и почти свободною отъ микроорганизмовъ, такъ какъ эта вода на своемъ пути проникаетъ черезъ большіе слои почвы, при чемъ подвергается естественному процессу фильтрованія.

Тѣмъ не менѣе, какъ вода изъ артезіанскихъ колодцевъ, такъ и профильтрованная вода никогда не бываетъ *совершенно* свободною отъ микроорганизмовъ. Поэтому, если необходимо избавиться отъ этихъ послѣднихъ, употребляется особый способъ, именно *стерилизація*. Эта послѣдняя состоитъ въ томъ, что воду нагрѣваютъ продолжительное время до температуры, при которой микроорганизмы погибаютъ (70^0—100^0). Но стерилизованная вода остается свободной отъ микроорганизмовъ лишь въ томъ случаѣ, если она отдѣлена отъ воздуха слоемъ ваты. Иначе въ нее попадаютъ постоянно носящіеся въ воздухѣ зародыши микроорганизмовъ, которые быстро развиваются и размножаются.

Вмѣсто стерилизованной воды часто примѣняютъ *кипяченую* воду. Послѣдняя, если кипяченіе было непродолжительнымъ, — свободна лишь отъ нѣкоторыхъ наиболѣе опасныхъ микроорганизмовъ, напримѣръ отъ холерныхъ вибріоновъ, вызывающихъ заболѣваніе холерой.

Наконецъ, должно упомянуть, что для химическихъ работъ, приготовленія лѣкарствъ и т. д. необходима «химически чистая» вода, т.-е. вода, которая не содержитъ не только механически примѣшанныхъ, но и растворенныхъ веществъ. Такую воду получаютъ посредствомъ *перегонки*: кипятятъ обыкновенную воду въ такихъ приборахъ, которые даютъ возможность охлаждать образующійся паръ и тѣмъ превращать его въ жидкую воду. Вода, полученная путемъ охлажденія водянаго пара, называется *перегнанною*, или *дестиллированною* водою. Для питья она не пригодна, такъ какъ человѣческому организму необходима не только вода, но и нѣкоторыя изъ тѣхъ твердыхъ веществъ, которыя всегда имѣются въ колодезной, ключевой и т. д. водѣ.

Въ перегонномъ кубѣ A (рис. 4), который нагрѣвается снизу, вода доводится до кипѣнія. Образующійся паръ поступаетъ черезъ верхнюю надставку (т. наз. *шлемъ*) въ изогнутую трубку E (*змѣевикъ*), гдѣ охлаждается водою, которая поступаетъ въ сосудъ G

снизу, а вытекаетъ изъ этого сосуда сверху. Дестиллированная вода, получаемая путемъ охлажденія пара, стекаетъ въ подставленную бутыль.—Дестиллированная вода кипитъ при 100°, если атмосферное давленіе равно давленію ртутнаго столба въ 760 мил-

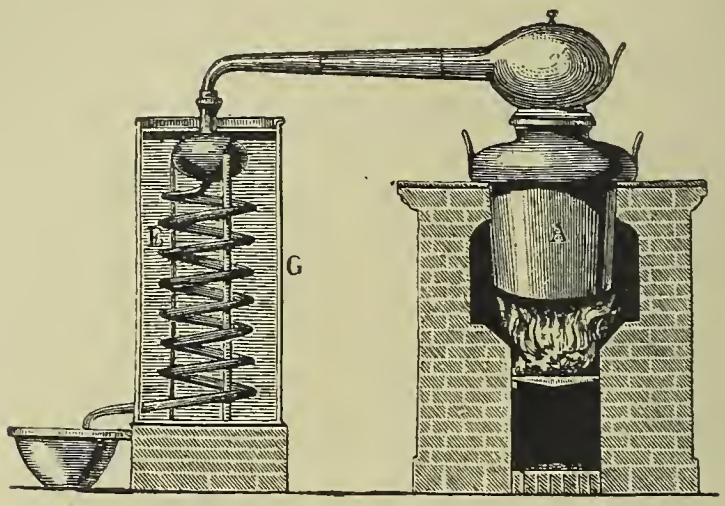


Рис. 4. Перегонный кубъ.

лиметровъ высотою. Пониженіе атмосфернаго давленія ведетъ къ пониженію температуры кипѣнія воды. Наоборотъ, повышеніе давленія влечетъ за собою повышеніе температуры кипѣнія воды. При температурѣ ниже 0° вода замерзаетъ, превращаясь въ ледъ.

Вода, какъ растворитель. Соединенія воды.

Въ воздухѣ всегда находится вода въ видѣ водяного пара; если его много, то воздухъ называютъ сырымъ; но и такъ называемый «сухой» воздухъ все же всегда заключаетъ въ себѣ водяные пары. Нѣкоторыя вещества, въ особенности рыхлыя, какъ, напримѣръ, вата, ткани, пропускная бумага, песокъ, находясь въ открытомъ воздухѣ, притягиваютъ влагу изъ воздуха и отсырѣваютъ. Подобно тому, какъ жидкая вода впитывается губкою, пескомъ, войлокомъ и не вытекаетъ изъ нихъ, а задерживается въ тонкихъ промежуткахъ и щеляхъ или, какъ говорятъ, въ порахъ этихъ веществъ, точно такъ же и водяные пары впитываются изъ воздуха такими пористыми веществами. Чѣмъ болѣе влаженъ воздухъ, тѣмъ болѣе влаги поглощаютъ такія вещества и порою становятся сырыми наощупь; но даже и предметы, не смачивающіе рукъ и потому называемые въ практикѣ «сухими», все же содержатъ въ себѣ нѣкоторое количество влаги, которая пристаетъ къ ихъ поверхности, какъ пыль пристаетъ къ различ-

нымъ предметамъ. Такая вода, поглощенная изъ окружающаго воздуха, называется *гигроскопическою* водою. Если отсырѣвшее во влажномъ воздухѣ вещество перенести въ сухой воздухъ, то влага изъ него мало-по-малу улетаетъ и предметъ высыхаетъ. Еще скорѣе высушиваніе достигается, если ставшій сырымъ предметъ нагрѣть, потому что при этомъ вода испаряется и улетаетъ въ видѣ пара.

Вода обладаетъ способностью растворять въ себѣ очень многія вещества. Если въ стаканъ съ водою положить щепотку соды, то въ скоромъ времени, въ особенности при помѣшиваніи, сода перестанетъ быть видимою—она распустится, растаетъ или, какъ говорятъ, *растворится* въ водѣ и получится растворъ соды въ водѣ. Присыпая въ этотъ растворъ понемногу еще соды и помѣшивая все время, можно видѣть, что сначала ея растворяется все больше и больше, но наконецъ она перестанетъ растворяться, сколько бы ея ни прибавлять. Такой растворъ, въ которомъ растворено уже столько вещества, сколько возможно, и который поэтому не способенъ уже больше растворять этого вещества, называется *насыщеннымъ растворомъ*, растворы же, въ которыхъ можно еще растворить данное вещество, зовутся *ненасыщенными*.

Если насыщенный при обыкновенной температурѣ растворъ подогрѣть, то можно еще присыпать въ него соды, и она растворится; значитъ, горячая вода можетъ растворять больше вещества, чѣмъ холодная, или, какъ говорятъ, *растворимость* веществъ въ водѣ увеличивается съ нагрѣваніемъ и для нѣкоторыхъ очень сильно возрастаетъ, какъ, напр., для селитры: при 20^0 въ 100 частяхъ воды растворяются 25 частей селитры, а при 65^0—123 части; для другихъ, наоборотъ, растворимость въ горячей и холодной водѣ почти не измѣняется, какъ, напр., для поваренной соли: при 20^0 въ 100 частяхъ воды растворяются 36 частей соли, а при 100^0—39 частей. Есть и такія вещества, которыя въ горячей водѣ растворяются меньше, чѣмъ въ холодной, напримѣръ, известь, но такихъ веществъ не много.

Если насыщенный при нагрѣваніи (до 65^0) растворъ селитры охладить (до 20^0), то вода, ставшая холодною, въ состояніи будетъ удерживать въ растворѣ значительно меньше селитры—не 123 части, а лишь 25 частей; поэтому значительная часть селитры выдѣлится изъ раствора въ твердомъ видѣ, осядетъ въ видѣ кристалловъ. Многія вещества, при такомъ выдѣленіи, или *кристаллизаціи*, изъ горячихъ, насыщенныхъ растворовъ, удерживаютъ въ себѣ часть воды, которая находится уже въ иномъ видѣ, чѣмъ гигроскопическая вода. Мѣдный купоросъ, напри-

мѣръ, выдѣляется изъ растворовъ въ видѣ темносинихъ, порою очень крупныхъ кристалловъ (синій камень). Если нѣсколько кристалловъ его положить въ стеклянную трубочку, запаянную на одномъ концѣ (рис. 5), и нагрѣть довольно сильно, то синіе кристаллы разсыплются въ сѣровато-бѣлый порошокъ, а на стѣнкахъ трубки появятся капельки воды. Если этотъ порошокъ, давши ему остыть, облить нѣсколькими каплями воды, то происходитъ сильное разогрѣваніе: порошокъ опять синѣетъ, вновь превращаясь въ мелкіе синіе кристаллы прежняго мѣднаго купороса. Значитъ, до тѣхъ поръ, пока вода была въ кристаллахъ мѣднаго купороса, были и самые кристаллы съ ихъ синимъ цвѣтомъ, а когда она улетѣла, то и синій цвѣтъ исчезъ, и самые кристаллы разсыпались; но присоединили мы воду къ порошку, и вновь появились и кристаллы, и синій цвѣтъ. Иначе говоря, кристаллы мѣднаго купороса не существуютъ, если изгнать изъ нихъ воду, т.-е. вода въ иныхъ случаяхъ придаетъ веществу кристаллическую форму; поэтому такая вода носитъ названіе *кристаллизаціонной* воды.

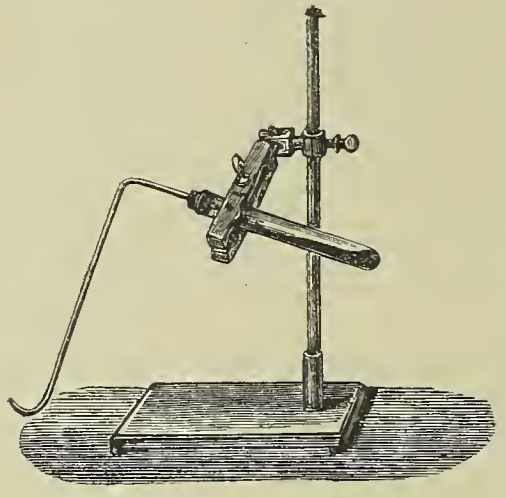


Рис. 5.

Кристаллизаціонная вода отличается отъ гигроскопической воды тѣмъ, что, во-первыхъ, она, въ большинствѣ случаевъ, прочнѣе связана съ веществомъ, а во-вторыхъ, тѣмъ, что въ значительной степени измѣняетъ свойства вещества; придаетъ кристаллическую форму и измѣняетъ, напримѣръ, цвѣтъ вещества и др. Гигроскопическая вода не производитъ такихъ рѣзкихъ измѣненій въ свойствахъ вещества, только лишь предметы дѣлаются нѣсколько влажными; пары ея лишь механически связаны съ веществомъ, прилипли къ нему, какъ прилипаетъ и удерживается жидкая вода въ порахъ губки, тогда какъ кристаллизаціонная вода химически соединяется съ веществомъ, давая химическое соединеніе съ новыми свойствами—иными, чѣмъ у воды и мѣднаго купороса. Купоросы, квасцы, сода, бура, глауберова соль содержатъ въ своихъ кристаллахъ такую кристаллизаціонную воду; напротивъ, другія вещества, хотя и выдѣляются въ кристаллахъ, но кристаллизаціонной воды не содержатъ; таковы, напримѣръ, поваренная соль, селитра, нашатырь и многія другія.

Обезвоженные кристаллы во многихъ случаяхъ жадно притягиваютъ влагу изъ воздуха и соединяются съ нею химически, образуя кристаллы; они могутъ вытягивать влагу и изъ жидкостей, къ которымъ примѣшана вода, почему иногда и примѣняются для осушенія жидкостей [1]). Положимъ, что надо удалить воду изъ спирта, чтобы получить безводный спиртъ; въ склянку со спиртомъ бросаютъ порошокъ прокаленнаго мѣднаго купороса и взбалтываютъ; купоросъ вытягиваетъ воду изъ спирта, соединяется съ нею и въ видѣ синихъ кристалловъ падаетъ на дно склянки, такъ какъ въ спиртѣ онъ не растворяется, а спиртъ оказывается уже не содержащимъ воды; если прокаленный мѣдный купоросъ не синѣетъ въ спиртѣ, это значитъ, что спиртъ не содержитъ воды.

Если прокаленный мѣдный купоросъ положить на дно банки, которую плотно закрыть сверху крышкой, то онъ вытягиваетъ всю влагу изъ воздуха, находящагося внутри склянки, и воздухъ этотъ сдѣлается сухимъ; помѣщенныя въ такой воздухъ отсырѣвшія вещества будутъ высыхать. Такіе приборы, служащіе для высушиванія, называются *эксикаторами*. Еще лучшими высушивателями являются: вещество, называемое *хлористымъ кальціемъ*, которое забираетъ изъ воздуха такъ много влаги, что можетъ даже расплываться, и *крѣпкая сѣрная кислота*, которая извѣстна подъ названіемъ купороснаго масла и примѣняется, между прочимъ, для осушенія воздуха между оконными рамами.

Кристаллизаціонная вода отдѣляется отъ веществъ значительно труднѣе, чѣмъ гигроскопическая, но все же при не особенно значительномъ нагрѣваніи. Но бываютъ случаи, когда вода такъ крѣпко удерживается веществомъ, что выдѣлить ее можно лишь при очень сильномъ нагрѣваніи, а то и вовсе невозможно. Напр., каменистые куски негашеной извести, облитые небольшимъ количествомъ воды, сильно разогрѣваются и разсыпаются въ бѣлый порошокъ гашеной извести [2]). Поглощенная известью вода можетъ быть выдѣлена изъ гашеной извести лишь при нагрѣваніи выше 400°, при чемъ гашеная известь вновь переходитъ въ негашеную. Такая крѣпко связанная вода, вошедшая въ самый составъ вещества и измѣняющая сильно его свойства, носитъ названіе *конституціонной* воды.

---

[1]) Сухими называются такія жидкости, которыя не содержатъ воды (поэтому ихъ можно называть еще и безводными); наоборотъ, жидкости, содержащія воду, называются влажными.

[2]) Въ практикѣ, при гашеніи извести, берутъ много воды, такъ что получающійся порошокъ гашеной извести превращается избыткомъ воды въ тѣсто, которое, въ смѣси съ пескомъ, служитъ для скрѣпленія кирпичей при постройкѣ зданій.

Когда растворяются въ водѣ твердыя вещества, то почти всегда происходитъ охлажденіе (для примѣра можно указать на растворе́ніе селитры или нашатыря), и иногда это охлажденіе можетъ быть весьма значительнымъ. Еще болѣе сильное охлажденіе достигается при смѣшиваніи соли со снѣгомъ или мелкимъ льдомъ; напр.: при смѣшеніи 1 ч. поваренной соли съ 3 ч. снѣга температура понижается до—22°, чѣмъ пользуются для приготовленія *охлаждающихъ смѣсей*.

Не только твердыя и жидкія вещества, но и газы также растворяются въ водѣ. Природныя воды—рѣчная, колодезная и даже дождевая—всегда содержатъ въ себѣ газы изъ воздуха; это видно, напр., изъ слѣдующаго. Если стаканъ съ холодною водою внести въ теплое помѣщеніе, то скоро можно замѣтить появленіе пузырьковъ на его стѣнкахъ; это выдѣляются растворенные въ водѣ газы, и выдѣляются они потому, что теплая вода меньше растворяетъ газы, чѣмъ холодная, какъ разъ въ противоположность твердымъ веществамъ. Это же можно показать, нагрѣвая воду въ т. наз. *колбѣ* и собирая выдѣляющіеся при этомъ газы, какъ показано на рисункѣ 28 (стр. 185).

Природныя воды, соприкасаясь въ теченіе продолжительнаго времени съ воздухомъ, насыщаются газами, входящими въ составъ атмосферы—азотомъ, кислородомъ и углекислымъ газомъ [1]). За счетъ такого растворе́ннаго въ водѣ кислорода возможны дыханіе и жизнь водныхъ существъ, напр. рыбъ и др.

Не только въ научномъ отношеніи р а с т в о р ы представляютъ большой интересъ, но имѣютъ большую важность и во многихъ другихъ отношеніяхъ. Это объясняется тѣмъ, что химическія превращенія происходятъ особенно легко и удобно именно въ растворахъ, и поэтому съ растворами безпрестанно приходится имѣть дѣло. Въ повседневной жизни человѣка—въ его домашнемъ обиходѣ, на фабрикахъ и заводахъ, въ медицинѣ—всюду постоянно приготовляются самые разнообразные растворы. Удобренія изъ почвы всасываются растеніями въ видѣ растворовъ, внутри растеній постоянно образуются и движутся различные соки, разносящіе питательныя вещества по различнымъ частямъ ихъ тѣла. То же самое видимъ и у животныхъ, и тутъ обмѣнъ веществъ—питаніе и выдѣленіе ненужныхъ организму веществъ—

---

[1]) Содержаніе растворе́нныхъ газовъ въ водѣ хотя и колеблется, но все же можно принять, что въ среднемъ въ 1 литрѣ (т.-е. въ 1000 кубич. сант.) воды, годной для питья, находится въ растворѣ 50 куб. сант. газовъ, изъ которыхъ—20 к. с. азота, 20 к. с.—углекислаго газа и 10 к. с.—кислорода. Присутствіе растворе́нныхъ газовъ придаетъ водѣ извѣстный, освѣжающій вкусъ, чѣмъ не обладаетъ дестиллированная, а также и переваренная вода.

производится также въ видѣ растворовъ. Природныя воды тоже, въ сущности, представляютъ изъ себя растворы. Словомъ, значеніе растворовъ въ жизни природы и въ наукѣ огромно, и потому не удивительно, что изученіемъ свойствъ различныхъ растворовъ очень много занимаются самые выдающіеся ученые и практики.

Вода растворяетъ, въ большемъ или меньшемъ количествѣ, почти всѣ вещества, даже песокъ и многіе металлы. Когда очищаютъ воду перегонкою (стр. 145), то она, проходя черезъ трубку холодильника, можетъ извлекать изъ него растворимыя вещества; поэтому холодильникъ дѣлаютъ изъ веществъ, мало поддающихся дѣйствію воды. Для большинства практическихъ потребностей достаточно стойкимъ матеріаломъ является олово, изъ котораго и дѣлаютъ трубки холодильниковъ или, по крайней мѣрѣ, лудятъ ихъ. Но для научныхъ, напр., цѣлей такая вода не является еще вполнѣ чистою. Для того чтобы имѣть вполнѣ чистую воду, дѣлаютъ и перегонный снарядъ, и холодильникъ, и пріемникъ изъ такого металла, на который вода совершенно не дѣйствуетъ и слѣдовательно, ничего изъ него не извлекаетъ; такимъ металломъ является платина. Перегнанная въ платиновой посудѣ вода не содержитъ въ растворѣ никакихъ твердыхъ веществъ, но не свободна отъ растворенныхъ газовъ, такъ какъ водяной паръ въ холодильникѣ и жидкая вода въ пріемникѣ успѣваютъ поглотить нѣкоторое количество ихъ изъ атмосферы. Поэтому перегнанную воду кипятятъ довольно долго для удаленія этихъ растворенныхъ газовъ, потомъ даютъ остыть ей въ безвоздушномъ пространствѣ (подъ колоколомъ воздушнаго насоса) и хранятъ въ плотно закрытыхъ или въ запаянныхъ сосудахъ.

Такимъ образомъ получить совершенно или абсолютно чистую воду—дѣло не особенно простое, и дѣлается это лишь для научныхъ цѣлей.

Свойства химически чистой воды.

Вода представляетъ прозрачную жидкость, безъ запаха, безъ вкуса и въ тонкихъ слояхъ безцвѣтную. Если, однако, смотрѣть на свѣтъ черезъ толстые слои ея, напр. вдоль длинной трубки, наполненной водою, то оказывается, что ей свойственъ синій цвѣтъ; этотъ цвѣтъ ясно виденъ также въ глубокихъ горныхъ озерахъ, вода которыхъ содержитъ мало примѣсей.

Если нагрѣвать воду, помѣстивши въ нее термометръ, то послѣдній будетъ показывать постепенно все болѣе высокую температуру. Количество тепла, которое нужно сообщить одному грамму воды, чтобы повысить ея температуру на 1°, называется

теплоемкостью (правильнѣе—удѣльною теплотою) воды и принимается за 1 калорію. Теплоемкость воды значительно больше, чѣмъ для большинства другихъ веществъ, какъ это видно изъ прилагаемой таблички теплоемкостей.

Воды	1	Мѣдь	0,09
Ледъ	0,50	Древесный уголь . .	0,24
Желѣзо	0,11	Стекло	0,20
Серебро	0,06	Спиртъ	0,63

Иначе говоря, вода при нагрѣваніи забираетъ въ себя значительно больше тепла, чѣмъ остальныя вещества [1]), и потому нагрѣть до одной и той же температуры, напр. спиртъ и воду, не одинаково легко: воду значительно труднѣе и дольше.

По мѣрѣ нагрѣванія температура все болѣе и болѣе повышается, пока не дойдетъ до 100°; на этой точкѣ ртуть термометра останавливается: какъ бы сильно ни подогрѣвали воду, температура ея не повышается, т.-е. тепло куда-то скрывается. Куда же? Обративши вниманіе на то, что въ это время дѣлается съ водою, видимъ, что она сильно испаряется, и не только съ поверхности, какъ было и раньше, но вся она цѣликомъ пронизана массой поднимающихся вверхъ пузырьковъ паровъ, образующихся вездѣ внутри жидкости,—она, какъ говорятъ, кипитъ. На это превращеніе воды изъ жидкаго въ парообразное состояніе и тратится то тепло, котораго не можетъ обнаружить термометръ. Значитъ, вода, превращаясь въ паръ, забираетъ въ себя много тепла, а именно 1 гр. воды, превращаясь, при кипѣніи, въ 1 гр. водяного пара, поглощаетъ 537 калорій. Слѣдовательно, водяные пары заключаютъ въ себѣ много тепла, которое они должны выдѣлить, если будутъ превращены обратно въ жидкую воду. Этимъ пользуются для такъ называемаго *парового отопленія*; кипятятъ въ котлахъ воду и паръ ея проводятъ по трубамъ въ различныя части зданій, гдѣ заставляютъ его сгущаться въ жидкую воду въ особыхъ холодильникахъ; сгущаясь, онъ отдаетъ то тепло, которое забралъ въ себя при испареніи изъ котла, и такимъ образомъ обогрѣваетъ помѣщенія, перенося тепло изъ одного мѣста въ другое.

---

[1]) Это обстоятельство имѣетъ очень важное значеніе въ жизни природы. Обширные водные бассейны, напр. моря, въ жаркое время забираютъ тепло изъ окружающаго воздуха, а во время холодовъ отдаютъ его воздуху и такимъ образомъ могутъ умѣрять какъ палящіе жары, такъ и сильные морозы, т.-е. регулируютъ умѣренный климатъ прилегающихъ къ нимъ мѣстностей.

Если, наоборотъ, охлаждать воду, то она, подобно почти всѣмъ остальнымъ веществамъ, будетъ сжиматься, т.-е. объемъ ея будетъ уменьшаться, а *плотность*, слѣдовательно, увеличиваться, и такъ дѣло обстоитъ до 4°. При охлажденіи ниже этой температуры вода, вмѣсто того, чтобы сжиматься, начинаетъ, наоборотъ, расширяться и плотность ея уменьшается; иначе говоря, при температурѣ 4° вода имѣетъ наибольшую плотность [1]). Это обстоятельство имѣетъ громадное значеніе въ природѣ, именно при замерзаніи водоемовъ. Зимою, когда температура воздуха очень сильно понижается, охлаждается и вода озеръ и рѣкъ, начиная, конечно съ верхнихъ слоевъ. Охладившись и ставши отъ этого болѣе тяжелыми, верхніе слои воды опускаются внизъ, а на ихъ мѣсто поднимаются нижніе, болѣе теплые и легкіе слои—происходитъ постепенное перемѣшиваніе воды до тѣхъ поръ, пока вся она, во всемъ водоемѣ, не охладится до 4°. Начиная съ этого момента, дѣло существенно измѣняется. Верхніе слои, сколько бы ни охлаждались дальше, будутъ теперь уже легче нижнихъ болѣе теплыхъ слоевъ, и потому сверху вода будетъ холоднѣе, чѣмъ внизу. Наконецъ, верхніе слои замерзнутъ въ ледъ, и послѣдній, будучи плохимъ проводникомъ тепла, предохранитъ нижніе слои отъ дальнѣйшаго охлажденія, а слѣдовательно, и отъ замерзанія. Въ результатѣ лишь тонкій верхній слой воды превратится въ ледъ, а подъ нимъ будетъ находиться сравнительно теплая вода. Не будь этого обстоятельства, рѣки и озера промерзали бы до дна, и жизнь водныхъ существъ или вовсе стала бы невозможной, или же должна была бы принять совершенно иныя формы.

При дальнѣйшемъ охлажденіи вода продолжаетъ расширяться и при 0° замерзаетъ въ ледъ (рис. 6); при замерзаніи наблюдается

Рис. 6. Кристаллы льда.

внезапное и весьма значительное расширеніе: именно изъ 100 объемовъ воды получается 109 объемовъ льда, т.-е. ледъ довольно

[1]) Вѣсъ 1 кубич. сантиметра ея при этой температурѣ принимается, какъ извѣстно, за 1 граммъ, и такимъ образомъ вода является основаніемъ для измѣренія вѣса.

значительно легче воды, почему и плаваетъ на поверхности ея, а не тонетъ въ ней [1]).

Если ледъ подогрѣвать, то онъ будетъ таять, при чемъ несмотря на нагрѣваніе, вставленный въ ледъ термометръ не будетъ показывать повышенія температуры, оставаясь все время на нулѣ, пока весь ледъ не расплавится. Точка таянія льда отмѣчается на термометрѣ нулемъ, а точка кипѣнія воды—цифрою 100, и пространство между ними дѣлится на сто частей, называемыхъ *градусами*.

При таяніи льда поглощается значительное количество тепла, которое тратится на работу плавленія, или превращенія твердаго льда въ жидкую воду: 1 граммъ льда, плавясь, поглощаетъ 80 калорій. Въ силу этого, если бы рѣки и озера промерзали цѣликомъ до дна, то теплоты, посылаемой лѣтомъ солнцемъ на землю, врядъ ли хватило бы для того, чтобы растопить эти массы льда, и въ умѣренныхъ широтахъ, быть-можетъ, господствовалъ бы очень холодный и суровый климатъ.

Такимъ образомъ физическія свойства воды являются съ одной стороны основаніемъ для многихъ единицъ измѣреній, т.-е. важны въ научной практикѣ, а съ другой играютъ выдающуюся роль какъ въ обиходѣ человѣка, такъ и въ жизни всей природы, почему и были подробно разсмотрѣны нами.

Составъ воды—H_2O. Водородъ—H_2.

Долгое время, въ теченіе многихъ вѣковъ, воду считали простымъ веществомъ, признавали ее однимъ изъ тѣхъ элементовъ или стихій, соединеніемъ которыхъ образованы различные неодушевленные и одушевленные предметы, составляющіе вселенную. И лишь въ концѣ XVIII столѣтія было показано, что это мнѣніе ошибочно, и что вода сама есть сложное вещество. Доказано это было многими опытами, изъ которыхъ мы опишемъ лишь нѣкоторые.

Одинъ изъ этихъ опытовъ былъ произведенъ знаменитымъ французскимъ химикомъ Лавуазье (въ 1784 г.) и заключался въ слѣдующемъ (рис. 7). Бралась желѣзная трубка (ружейный стволъ), соединенная съ одной стороны съ кипятильникомъ, а съ другой

[1]) Это расширеніе воды при замерзаніи можно наблюдать такъ: если наполнить стеклянный пузырекъ холодною водою и, плотно закупоривши, выставить на морозъ то вода, замерзая, или вырветъ пробку, или разорветъ самую склянку. Въ холодныхъ сѣверныхъ странахъ вода, замерзая въ тонкихъ щеляхъ и трещинахъ массивныхъ горныхъ породъ, расширяется съ такою громадною силою, что разрываетъ самыя крѣпкія скалы.

стороны съ тонкою стеклянною трубочкою, конецъ которой, изогнутый крючкомъ, опускался въ воду. Трубка набивалась опилками изъ чистаго, не содержащаго никакихъ примѣсей желѣза, раскалялась на печкѣ докрасна, и въ раскаленную трубку впускалась струя водяного пара изъ кипятильника. Тогда изъ крючкообразнаго конца трубочки стали выходить пузырьки какого-то газа, прозрачнаго и безцвѣтнаго, какъ воздухъ. Газъ этотъ былъ собранъ[1]) и изслѣдованъ, и оказалось, что онъ сильно отличается отъ воздуха; напримѣръ, если въ банку съ этимъ газомъ внести горящую лучинку, то она гаснетъ, но зато самъ онъ загорается блѣднымъ пламенемъ. Газъ этотъ гораздо легче воздуха и имѣетъ многія другія интересныя свойства, которыхъ нѣтъ у воздуха,—словомъ, это не воздухъ, а какой-то

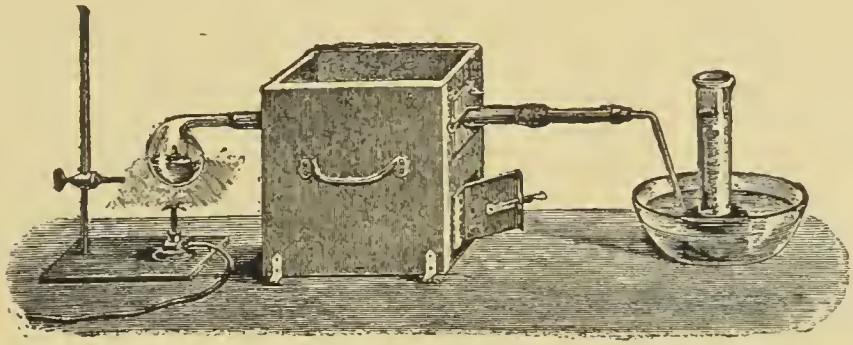


Рис. 7. Разложеніе воды желѣзомъ.

новый газъ. Откуда онъ могъ взяться? Одно изъ двухъ: либо изъ желѣза, либо изъ воды. Но желѣзо есть простое вещество, элементъ, и ничего другого, кромѣ желѣза, въ себѣ не содержитъ; значитъ, новый газъ образовался изъ воды; его назвали *водородомъ*. Зачѣмъ здѣсь нужно было желѣзо и измѣнилось ли оно при этомъ или нѣтъ? Оказывается, что желѣзо обратилось въ новое вещество, не обладающее уже свойствами желѣза: оно не ковко, а хрупко, не притягивается магнитомъ и по всѣмъ своимъ свойствамъ оказывается точь-въ-точь сходнымъ съ тѣмъ веществомъ, которое получается при сгораніи желѣзныхъ опилокъ. А мы знаемъ уже, что при нагрѣваніи на воздухѣ желѣзо обращается въ окиселъ желѣза, т.-е. присоединяетъ къ себѣ кислородъ; слѣдовательно, и въ данномъ случаѣ къ желѣзу присоединился кислородъ. Откуда онъ взялся? Очевидно, изъ водяного пара, который пропускали надъ раскаленнымъ желѣзомъ, т.-е. оттуда же, откуда и водородъ. Значитъ, когда водяной

[1]) Какъ собираютъ газы, указано ниже, при описаніи водорода.

паръ проходилъ надъ раскаленными желѣзными опилками, желѣзо отбирало изъ него кислородъ и соединялось съ послѣднимъ, образуя окиселъ желѣза, а водородъ освобождался; это можно написать такъ: вода + желѣзо = окиселъ желѣза + водородъ.

Такимъ образомъ при помощи раскаленнаго желѣза, воду разложили на водородъ и кислородъ, и, кромѣ нихъ, никакихъ другихъ веществъ при этомъ изъ воды не получилось, а потому можно говорить, что вода состоитъ изъ двухъ составныхъ частей—водорода и кислорода.

Не одно только желѣзо, но и другіе металлы могутъ разлагать воду, т.-е. отнимать отъ нея кислородъ, и, соединяясь съ нимъ, давать окиселъ, водородъ же выдѣляется; нѣкоторые изъ металловъ производятъ такое разложеніе воды гораздо легче, чѣмъ желѣзо. Таковъ, напр., серебристо-бѣлый металлъ магній, который, въ видѣ ленточекъ, часто примѣняется для быстраго и яркаго освѣщенія (напр., при фотографированіи); въ то время, какъ желѣзо нужно было раскалить до-красна, чтобы оно разлагало воду, магній достаточно вбросить въ сосудъ съ водою и только кипятить воду, чтобы началъ отдѣляться водородъ. Металлъ же натрій и совсѣмъ не требуетъ никакого нагрѣванія—онъ прямо разлагаетъ холодную воду (рис. 8).

Въ этихъ опытахъ только одна составная часть воды—водородъ—выдѣлялась въ свободномъ видѣ; но можно разложить воду иными средствами и тогда получить свободными одновременно обѣ составныя части—и водородъ, и кислородъ. Сдѣ-

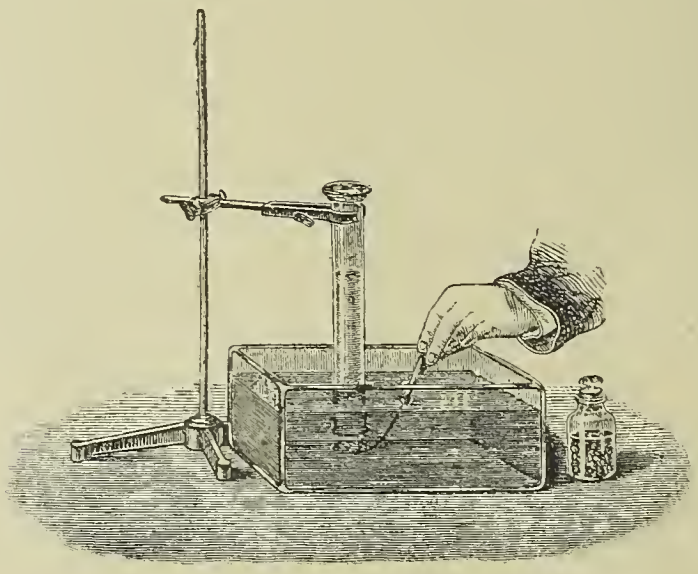


Рис. 8. Полученіе водорода при разложеніи воды каліемъ или натріемъ.

лать это можно, напр., такъ (рис. 9): если въ воду, слегка подкисленную сѣрною кислотою, опустить концы проволокъ, идущихъ отъ полюсовъ электрической батареи, то на проволокахъ этихъ замѣчается отдѣленіе пузырьковъ газовъ.

Собирая отдѣльно эти оба газа, замѣчаютъ, что одного изъ газовъ получается вдвое больше, чѣмъ другого. Тотъ газъ, котораго выдѣляется больше, оказывается водородомъ, другой—кислородомъ. Ничего, кромѣ нихъ, не выдѣляется, значитъ, и въ этомъ случаѣ убѣждаемся, что вода состоитъ изъ кислорода и водорода и ни изъ чего больше [1]).

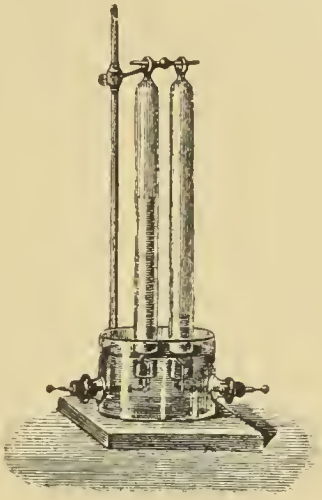


Рис. 9. Приборъ для разложенія воды.

Въ обоихъ этихъ случаяхъ составъ воды опредѣлили посредствомъ *разложенія*, но можно его найти инымъ путемъ. Разъ извѣстно, что вода состоитъ изъ водорода и кислорода, то, *соединяя* ихъ между собою, мы должны при этомъ получить ту же самую воду. Такое соединеніе водорода съ кислородомъ происходитъ при горѣніи водорода,—значитъ, при горѣніи водорода должна получаться вода; такъ это и есть на самомъ дѣлѣ. Если зажечь водородъ, и надъ пламенемъ его держать холодный стаканъ, то стекло запотѣетъ, и скоро на немъ появятся капельки росы; эти капельки оказываются водою. Этотъ опытъ впервые былъ сдѣланъ почти одновременно съ разложеніемъ воды (въ 1781 г.).

Итакъ, вода есть сложное вещество, или химическое соединеніе, состоящее изъ двухъ элементовъ — водорода и кислорода, и убѣдились въ этомъ, разложивши воду на составныя части, а затѣмъ провѣрили это, приготовивши воду изъ водорода и кислорода. Этими двумя способами всегда пользуются, когда нужно знать составъ вещества: сначала разлагаютъ это вещество на составныя части, или, какъ говорятъ, дѣлаютъ *анализъ*, а потомъ стараются получить это вещество изъ элементовъ, т.-е. производятъ *синтезъ*.

[1]) Здѣсь умѣстно задать вопросъ, зачѣмъ прибавляли сѣрной кислоты къ водѣ? Это необходимо вотъ для чего. Электрическій токъ не разлагаетъ воды, если она совершенно чиста; если же въ ней растворить хотя немного сѣрной кислоты (или нѣкоторыхъ другихъ веществъ, напримѣръ, поваренной соли), то она будетъ разлагаться токомъ; значитъ, прибавленіе сѣрной кислоты необходимо для того, чтобы вода разлагалась токомъ. Нужно замѣтить, что сколько бы времени ни пропускали токъ, къ концу опыта сѣрной кислоты останется въ водѣ столько же, сколько ея было взято въ началѣ, т.-е. кислота при этомъ не тратится, а разлагается вода.

Познакомимся ближе съ составными частями воды, и начнемъ съ **водорода.**

Мы знаемъ уже, что водородъ можно получить изъ воды, разлагая ее либо электрическимъ токомъ, либо металлами—желѣзомъ или натріемъ; но эти способы не годятся для полученія большихъ количествъ водорода. Способъ съ желѣзомъ, требующій накаливанія, сложенъ и дорогъ; съ натріемъ, правда, легко получить достаточное количество водорода, но зато самъ натрій дорогъ; пользоваться электричествомъ выгодно тамъ, гдѣ оно дешево, а это бываетъ далеко не вездѣ; между тѣмъ нуженъ легкій и дешевый способъ полученія водорода. Обыкновенно водородъ получаютъ, разлагая металлами не воду, а кислоты.

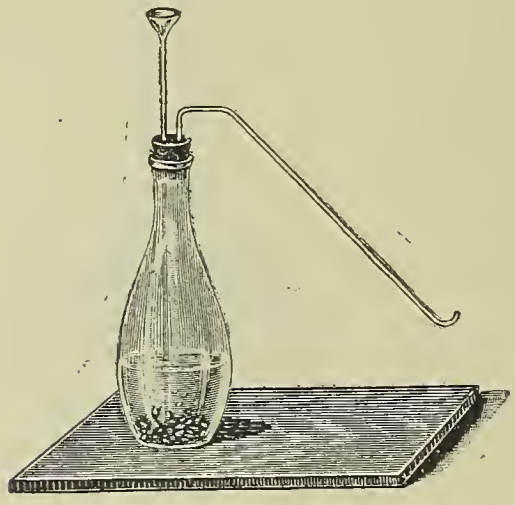


Рис. 10. Полученіе водорода изъ Zn и H_2SO_4.

Берутъ склянку (рис. 10), пробка которой имѣетъ два отверстія; въ одно изъ нихъ вставляется воронка съ длинною трубкою, доходящею почти до дна склянки, чрезъ другое проходитъ колѣнчато-изогнутая трубка, конецъ которой можетъ быть опущенъ въ воду. Въ склянку заранѣе всыпаютъ нѣсколько кусочковъ *зерненаго* [1]) цинка и черезъ воронку приливаютъ разведенной водою сѣрной кислоты; тотчасъ же начинается отдѣленіе пузырьковъ водорода, который имѣетъ лишь одинъ выходъ — черезъ колѣнчатую, такъ называемую *газоотводную трубку*, а цинкъ мало-по-малу растворяется. Какая реакція происходитъ при этомъ, и куда дѣвается цинкъ? Изъ прибора уходитъ одинъ лишь водородъ; значитъ, цинкъ находится въ жидкости, которая осталась въ склянкѣ. Если эту жидкость слить въ чашку и кипятить, пока испарится вся вода, то останется какое-то твердое вещество бѣлаго цвѣта, похожее на соль. Изслѣдуя его, убѣдились, что оно состоитъ изъ сѣры, кислорода и *цинка* и вовсе не содержитъ въ себѣ водорода, тогда какъ сѣрная кислота заключала въ себѣ сѣру, кислородъ и *водородъ*. Значитъ, цинкъ прямо вытѣснилъ водородъ изъ сѣрной кислоты, а самъ сталъ

[1]) Если расплавленный цинкъ выливать тонкою струйкою въ холодную воду, то онъ получается въ видѣ небольшихъ кусочковъ и зовется зерненымъ цинкомъ

на его мѣсто, образовавши сѣрноцинковую соль, т.-е. сѣрная кислота + цинкъ = сѣрноцинковая соль + водородъ, или примѣняя формулы:

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + 2H.$$

сѣрная кисл. цинкъ. сѣрноцинковая соль. водородъ.

Въ началѣ опыта выдѣляющійся водородъ смѣшивается съ находящимся въ склянкѣ воздухомъ, т.-е. не будетъ чистымъ и потому ожидаютъ, нѣкоторое время, пока онъ не вытѣснитъ изъ прибора всего воздуха, и только тогда начинаютъ собирать его [1]). Для этого надъ концомъ трубки, опущеннымъ въ воду, помѣщаютъ цилиндръ или стаканъ, наполненный водою и опрокинутый отверстіемъ внизъ. Тогда пузырьки водорода поднимаются въ цилинръ и, собираясь въ его верхней части, вытѣсняютъ воду внизъ.

Водородъ есть газъ, какъ и всѣ другіе газы, прозрачный, какъ большинство газовъ, безцвѣтный, безъ вкуса, безъ запаха [2]), отличающійся своею необычайною легкостью; это самое легкое изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ веществъ: онъ въ $14^1/_2$ разъ легче воздуха. Если склянку съ водородомъ открыть, и черезъ нѣкоторое время поднести къ ней огонь, то оказывается, что никакого горючаго газа въ склянкѣ уже нѣтъ, т.-е. легкій водородъ успѣлъ уже уйти изъ нея. Поэтому, если хотятъ его удержать нѣкоторое время въ открытой склянкѣ, то должно ее перевернуть отверстіемъ внизъ (рис. 11); мыльные пузыри, наполненные водородомъ, быстро взлетаютъ въ воздухѣ. По причинѣ легкости, водородъ примѣняютъ для наполненія воздушныхъ шаровъ, оболочка которыхъ должна быть легкая, но въ то же время плотная, такъ какъ водородъ легко проникаетъ черезъ самыя маленькія, даже невидимыя простому глазу, отверстія. Если, напримѣръ, конецъ газоотводной трубки закрыть бумагой или пластинкой изъ необожженной глины, то

Рис. 11. Переливаніе водорода.

---

[1]) Обращаемъ вниманіе на то, что *не слѣдуетъ* собирать газа *съ самаго начала* а тѣмъ болѣе нельзя *поджигать его* у конца газоотводной трубки, такъ какъ сначала газъ идетъ въ смѣси съ воздухомъ, а такая смѣсь является взрывчатою (стр. 166).

[2]) Полученный описаннымъ образомъ водородъ обладаетъ замѣтнымъ непріятнымъ запахомъ. Это зависитъ отъ того, что цинкъ не бываетъ совершенно чистымъ, но заключаетъ въ себѣ нѣкоторыя примѣси (напримѣръ, сѣру и мышьякъ), дающія съ выдѣляющимся водородомъ летучія соединенія, которыя уносятся токомъ водорода. Если очистить водородъ отъ этихъ примѣсей, то онъ, дѣйствительно, не будетъ имѣть запаха.

водородъ проходитъ черезъ нихъ и можетъ быть зажженъ сверху бумаги.

Какъ уже говорилось, водородъ способенъ горѣть, при чемъ соединяется съ кислородомъ и образуетъ воду. Доказывается это слѣдующимъ опытомъ. Въ склянкѣ *a* (рис. 12) получаютъ водородъ, который затѣмъ пропускаютъ черезъ трубку *b*, наполненную кусочками особаго вещества—хлористаго кальція, жадно поглощающаго воду. Въ этой трубкѣ, значитъ, остаются пары воды, увлекаемые водородомъ изъ склянки *a*, т.-е. водородъ здѣсь высушивается и затѣмъ зажигается на концѣ трубки *c*. Тотчасъ же холодныя стѣнки стеклянной воронки, поставленной

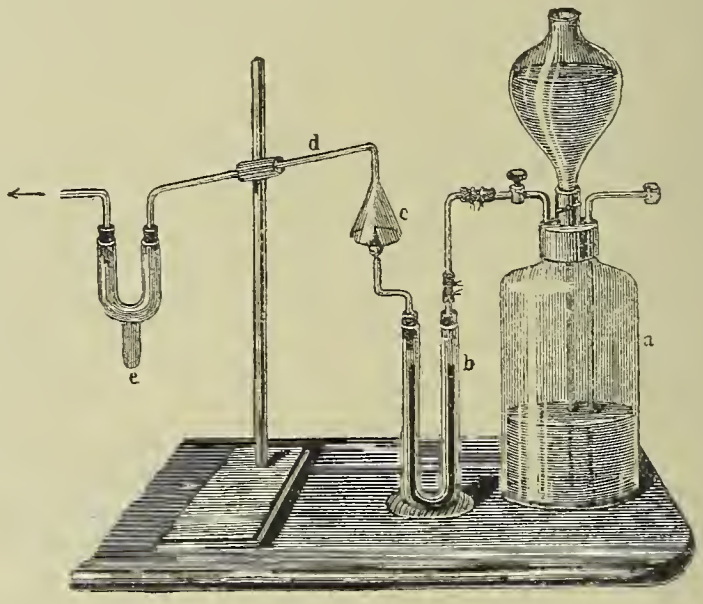


Рис. 12. Образованіе воды при горѣніи водорода.

надъ пламенемъ водорода, запотѣваютъ, и скоро въ подставленную чашечку черезъ отверстіе *e* стекаютъ капельки жидкости, которая оказывается водою.

Водородъ соединяется не только со свободнымъ кислородомъ, но способенъ также отнимать кислородъ отъ различныхъ соединеній, образуя опять-таки воду. Возьмемъ окись мѣди, т.-е. соединеніе мѣди съ кислородомъ, положимъ ее въ стеклянную трубку, и станемъ пропускать въ трубку сухой водородъ (рис. 13). Когда затѣмъ начнемъ подогрѣвать трубку, то на концѣ ея появится водяной паръ, а черная окись мѣди превращается въ свободную мѣдь розово-краснаго цвѣта: окись мѣди + водородъ = мѣдь + вода, [1]) т.-е. при этомъ изъ окиси мѣди полу-

[1]) Химическое уравненіе таково: $CuO + 2H = Cu + H_2O$
окись мѣди водородъ мѣдь вода.

чается опять свободная мѣдь или, какъ говорятъ, мѣдь возстановляется. Такіе процессы, гдѣ отнимается кислородъ, называются *возстановленіемъ*, а вещества, ихъ производя-

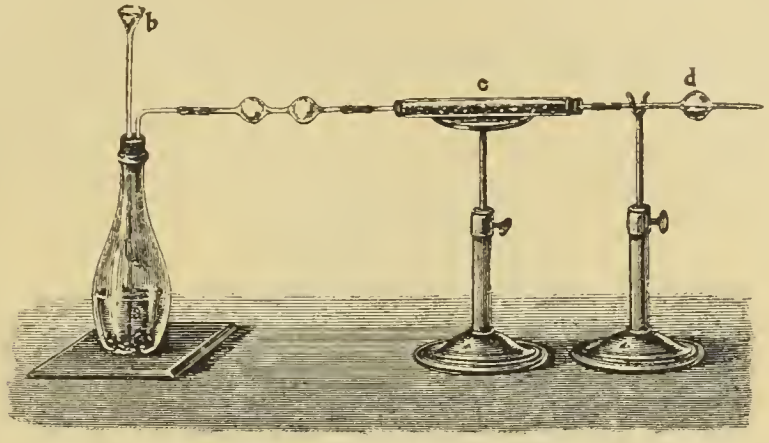


Рис. 13. Разложеніе окиси мѣди водородомъ.

ція, — возстановителями; эти реакціи прямо противоположны реакціямъ окисленія, т.-е. присоединенія кислорода.

Этою реакціею возстановленія окиси мѣди водородомъ можно воспользоваться для опредѣленія **количественнаго состава воды.** Мало знать, что вода состоитъ изъ водорода и кислорода, нужно еще опредѣлить, *сколько* въ ней заключается того и другого элемента; безъ этого наше представленіе о составѣ воды не будетъ полнымъ. Разложеніемъ воды электрическимъ токомъ — *электролизомъ* воды, какъ мы видѣли (стр. 157), дознано, что вода образуется соединеніемъ *двухъ* объемовъ водорода и *одного* объема кислорода. Особенно наглядно обнаруживается это при помощи прибора Гофмана (рис 14). Но можно опредѣлить составъ воды также слѣдующимъ образомъ. Окись мѣди положимъ въ стеклянный шарикъ *F* (рис. 15), взвѣсимъ его и начнемъ пропускать туда струю водорода, которая получается въ склянкѣ *A* и очищается и высушивается въ трубкахъ *B*, *C*, *D* и *E*, а затѣмъ будемъ нагрѣвать шарикъ. При этомъ водородъ, проходя надъ окисью мѣди, отнимаетъ

Рис. 14. Аппаратъ Гофмана для разложенія воды.

отъ нея кислородъ, образуя съ нимъ воду и оставляя свободную мѣдь. Образовавшаяся вода уносится водородомъ дальше—въ шарикъ G и трубку H, въ которой находятся вещества, поглощающія воду; трубка эта и шарикъ были раньше, до начала опыта, взвѣшены. Если взвѣсить ихъ теперь, по окончаніи опыта, то оказывается, что они стали тяжелѣе, такъ какъ поглотили образовавшуюся при этомъ воду; напротивъ, шарикъ, содержавшій окись мѣди, сталъ теперь легче, такъ какъ кислородъ, при превращеніи окиси мѣди въ мѣдь, ушелъ изъ него. Такимъ

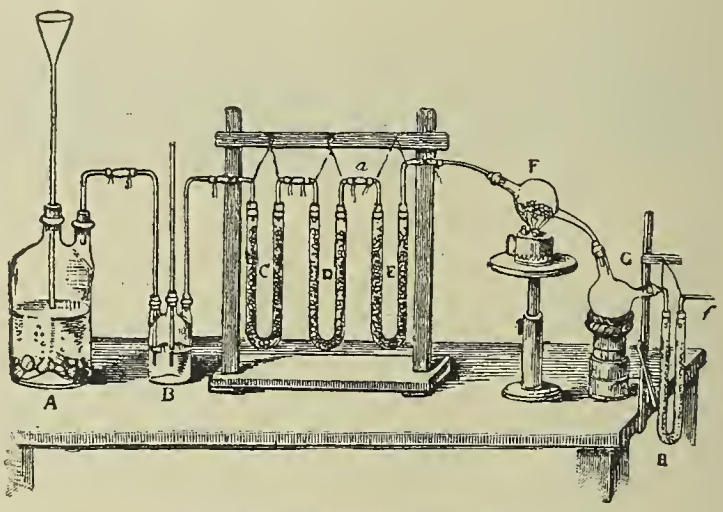


Рис. 15. Вѣсовой анализъ воды.

образомъ, взвѣшивая G и H, мы узнаемъ, сколько у насъ получилось воды, а взвѣшивая F—сколько въ этой водѣ находится кислорода; вычитая второе число изъ перваго, находимъ вѣсъ водорода. Изъ такихъ опытовъ найдено, что въ водѣ на 1 вѣсовую часть водорода приходится 8 вѣс. частей кислорода [1]). Какъ те-

---

[1]) При одномъ изъ такихъ опытовъ было найдено, что шарикъ съ окисью мѣди потерялъ въ вѣсѣ 52,508 грамма; значитъ, столько ушло кислорода; воды же образовалось при этомъ 59,078 грамма, т.-е. водорода было 59,078—52,508 грамма, или 6,57 грамма. Значитъ, на 6,57 частей водорода приходится 52,508 частей кислорода, а на одну часть водорода—7,99 частей кислорода, или, въ круглыхъ числахъ, 8 частей.

Обыкновенно принято выражать составъ сложныхъ веществъ въ процентахъ, т.-е. обозначать, сколько частей каждаго изъ простыхъ веществъ заключается въ ста частяхъ сложнаго вещества. Дѣлается это по обычному: если въ 59,078 частяхъ воды заключается 52,508 частей кислорода, то въ одной части—въ 59,078 разъ меньше, т.-е. $\frac{52{,}508}{59{,}078}$ частей, а въ ста частяхъ—въ сто разъ больше, т.-е. $\frac{52{,}508 \times 100}{59{,}078} =$ 88,87% кислорода и, слѣдовательно, 11,13% водорода. Позднѣйшія, наиболѣе точныя опредѣленія состава воды даютъ слѣдующіе результаты: 88,81% кислорода и 11,19% водорода, т.-е. на одну часть водорода приходится 7,94 части кислорода.

перь выразить составъ воды формулою, т.-е. какъ узнать, сколько *атомовъ* водорода и сколько *атомовъ* кислорода соединяются для образованія воды? Наиболѣе просто было бы предположить, что вода образуется соединеніемъ *одного* атома водорода съ *однимъ* же атомомъ кислорода; тогда **формула воды** была бы *HO*. Но въ такомъ случаѣ должно признать, что одинъ атомъ кислорода тяжелѣе атома водорода въ 8 разъ, т.-е., иначе говоря, атомный

Ге-Люссакъ (Joseph Louis Gay-Lussac).
1778 — 1850.

вѣсъ кислорода долженъ быть = 8, тогда какъ на самомъ дѣлѣ онъ=16. На 16 же частей кислорода (составляющихъ одинъ атомъ кислорода) приходится 2 части водорода, которыя составляютъ 2 атома, т.-е. формула воды должна показывать, что на одинъ атомъ кислорода приходится 2 атома водорода; слѣдовательно, простѣйшая формула воды будетъ H_2O. Такъ опредѣляется *составъ воды по вѣсу* (впервые это было сдѣлано въ 1819 г.).

Если же сравнивать не вѣсовыя количества газовъ, а ихъ объемы, то мы знаемъ уже, что на 1 объемъ кислорода въ водѣ

приходится 2 объема водорода, какъ это показываетъ разложеніе воды электрическимъ токомъ. Если вода *разлагается* на 2 объема водорода и 1 объемъ кислорода, то и *соединяться*, для образованія воды, должны такіе же объемы газовъ. Провѣрить это можно слѣдующимъ образомъ (рис. 16). Берутъ стеклянную трубку, которая раздѣлена на равныя части, отмѣченныя черточками на стеклѣ, и вверху снабжена краномъ и двумя впаянными проволочками изъ металла—платины. Эту трубку наполняютъ всю ртутью, а потомъ черезъ кранъ впускаютъ въ трубку сначала кислородъ, а потомъ вдвое больше по объему водорода. Если теперь эту смѣсь газовъ зажечь, пропуская между проволочками электрическую искру, то водородъ и кислородъ со *взрывомъ* соединяются, образуя воду. Такъ какъ температура при этомъ становится высокою, то вода получается въ видѣ пара; когда приборъ остынетъ, то паръ переходитъ въ маленькую капельку жидкой воды, ртуть поднимается до самаго крана, и никакого газа надъ ртутью не остается: значитъ, 2 объема водорода и 1 объемъ кислорода соединились нацѣло.

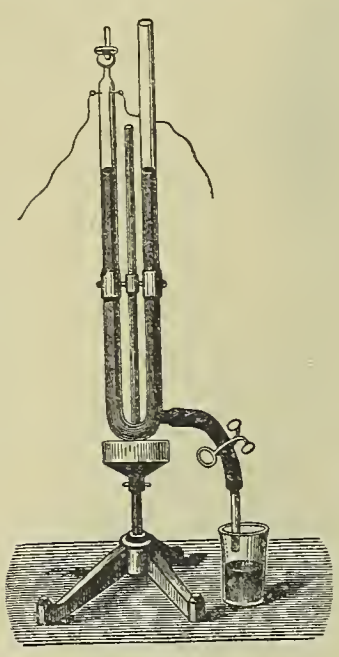


Рис. 16. Эвдіометръ Гофмана.

Но впустить водорода *какъ разъ* вдвое больше, чѣмъ кислорода, очень трудно; однако, это нисколько не мѣшаетъ дѣлу. Пусть, напримѣръ, кислорода впущено въ трубку 10 куб. сант., а водорода не 20 куб. сант., какъ слѣдовало бы, а лишь 18. Что произойдетъ при взрывѣ? 18 куб. сант. водорода должны соединиться съ 9 куб. сант. кислорода, а слѣдовательно, долженъ остаться 1 куб. сант. кислорода; такъ это и бываетъ на самомъ дѣлѣ, а что оставшійся газъ есть кислородъ, въ этомъ можно убѣдиться тлѣющею лучинкою. Если бы водорода впустили не 20 куб. сант., а больше, напримѣръ, 22 куб. сант., то останется лишнихъ 2 куб. сант., но уже водорода.

Цѣлый рядъ подобныхъ опытовъ, произведенныхъ съ различными объемами газовъ, убѣждаетъ насъ, что вода состоитъ изъ 2 объемовъ водорода и 1 объема кислорода.

Итакъ, вода заключаетъ въ себѣ:

	По вѣсу	По объему
Водорода	1 часть	2 части
Кислорода.	8 »	1 »

т.-е. 1 объемъ кислорода въ 8 разъ тяжелѣе 2 объемовъ или въ 16 разъ тяжелѣе одного объема водорода; иначе говоря, изъ опредѣленія состава воды выходитъ, что плотность кислорода должна быть въ 16 разъ болѣе плотности водорода. Такъ это и есть на самомъ дѣлѣ.

При соединеніи водорода съ кислородомъ выдѣляется очень много тепла, такъ что температура горѣнія водорода въ чистомъ кислородѣ очень высока: она доходитъ до 2000°. Въ такомъ жару плавятся такіе тугоплавкіе металлы, какъ желѣзо и платина, которые не могутъ быть расплавлены въ обыкновенныхъ печахъ и горнахъ, топимыхъ углемъ съ дутьемъ воздуха. Удобно пользоваться для сжиганія водорода особою горѣлкою (рис. 17).

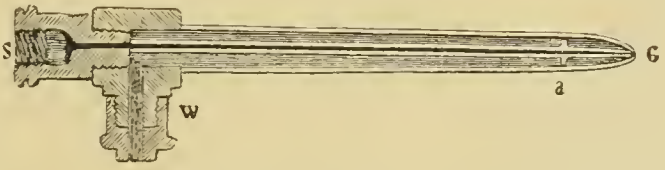


Рис. 17. Кранъ Даніеля.

Состоитъ она изъ двухъ вставленныхъ одна въ другую трубокъ; по внѣшней широкой, охватывающей трубкѣ *W* идетъ водородъ и зажигается на концѣ ея, а черезъ узкую, внутреннюю трубку *S* вдувается кислородъ [1]). Тогда блѣдное пламя водорода вытягивается въ длинный, блестящій язычокъ; вставленная въ него желѣзная или платиновая проволока моментально сплавляется, часовая пружина быстро сгораетъ, разбрасывая цѣлый снопъ ослѣпительно-яркихъ искръ. Нѣкоторыя вещества, напримѣръ, известь, способны и эту температуру выдерживать, не плавясь, но все же они раскаляются при этомъ очень сильно и испускаютъ ослѣпительно-яркій свѣтъ, такъ называемый *Друммондовъ свѣтъ* (рис. 18), который предлагался въ свое время для освѣщенія маяковъ, да и теперь еще часто примѣняется въ волшебныхъ фонаряхъ. Однако, въ настоящее время предпочитаютъ пользоваться, какъ для освѣщенія, такъ и для полученія высокихъ температуръ, электричествомъ по причинѣ большей простоты и безопасности въ обращеніи съ нимъ, чѣмъ съ кислородо-водороднымъ пламенемъ.

Въ описанной только что горѣлкѣ, называемой *краномъ Даніеля*, газы смѣшиваются лишь при выходѣ, и только въ этомъ

[1]) Такъ же устраиваются и обыкновенныя паяльныя горѣлки, только вмѣсто водорода въ нихъ сжигаютъ свѣтильный газъ, а вдуваютъ не кислородъ, а воздухъ. Температура при этомъ получается значительно ниже.

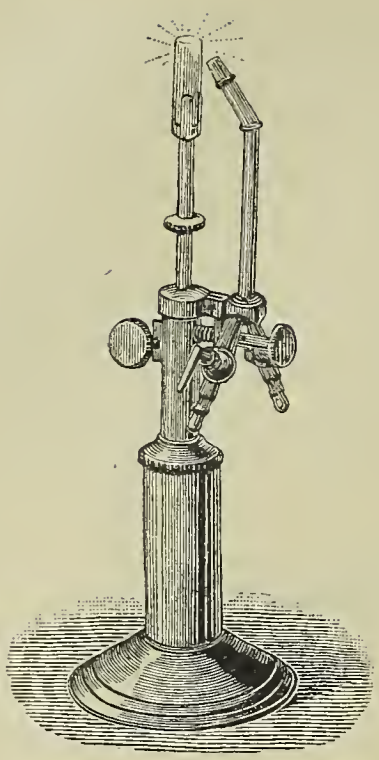


Рис. 18. Приборъ для полученія Друммондова свѣта.

мѣстѣ возможно соединеніе ихъ между собою, т.-е. горѣніе. Если же предварительно въ какой-либо склянкѣ смѣшать кислородъ съ водородомъ и поджечь *готовую смѣсь* этихъ газовъ, то соединеніе обоихъ газовъ должно произойти сразу во всей смѣси, т.-е. вся смѣсь загорится сразу, цѣликомъ, съ выдѣленіемъ громаднаго количества тепла. Получающійся водяной паръ отъ такого разогрѣванія сильно расширяется и съ трескомъ раздвигаетъ воздухъ, т.-е. происходитъ, какъ говорятъ, *взрывъ;* вслѣдствіе этого смѣсь водорода съ кислородомъ называется *гремучимъ газомъ*. Наиболѣе сильный взрывъ происходитъ, если на 1 объемъ кислорода взять 2 объема водорода. Взрывы даже небольшихъ количествъ гремучаго газа настолько сильны, что разрываютъ склянки, въ которыхъ зажигаются. Если пустить въ мыльную воду струю гремучаго газа, то образуются на поверхности воды пузырьки, наполненные гремучимъ газомъ; десятокъ такихъ пузырьковъ величиною съ горошину при зажиганіи производитъ звукъ, подобный ружейному выстрѣлу. Если брать иные объемы газовъ, то взрывы будутъ слабѣе, но все же довольно сильные.

Гремучія смѣси образуютъ не только водородъ съ кислородомъ, но всякій горючій газъ въ смѣси съ газомъ, поддерживающимъ горѣніе, напримѣръ: свѣтильный газъ съ воздухомъ, водородъ съ воздухомъ и другіе. Поэтому-то, получая водородъ, первыя порціи выдѣляющагося водорода не собираютъ, а тѣмъ болѣе не зажигаютъ, такъ какъ выдѣляющійся водородъ смѣшивается съ находящимся въ приборѣ воздухомъ и, слѣдовательно, даетъ гремучую смѣсь, а ждутъ, пока весь воздухъ не будетъ вытѣсненъ водородомъ.

Кислородъ—O_2.

Какъ было упомянуто раньше, кислородъ (стр. 134) входитъ въ составъ воздуха, который представляетъ механическую смѣсь кислорода (21%) и азота (79%), съ ничтожнымъ количе-

ствомъ углекислаго газа (около 0,04%) и другихъ газообразныхъ тѣлъ.

Если бы въ природѣ были вещества, которыя легко соединялись бы съ азотомъ, не соединяясь въ то же время съ кислородомъ, то получить послѣдній въ чистомъ видѣ изъ воздуха было бы очень легко; но такихъ веществъ нѣтъ, и потому добыть кислородъ прямо изъ воздуха невозможно. Поэтому первоначально **кислородъ** былъ открытъ не какъ составная часть воздуха, а какъ особый газъ, полученный изъ красной окиси ртути въ 1774 году англичаниномъ Пристлеемъ и шведомъ Шеле; скоро было доказано, что такой же газъ, какъ полученный изъ окиси ртути, находится и въ воздухѣ.

Изъ красной окиси ртути, представляющей химическое соединеніе ртути съ кислородомъ, кислородъ получаютъ такъ. Для этого берутъ цилиндрическую, запаянную съ одного конца стеклянную трубку и насыпаютъ въ нее красной окиси ртути (см. рис. 5), а открытый конецъ трубки закрываютъ пробкою со вставленною въ нее стеклянною сквозною трубкою (изогнутой, какъ показано на чертежѣ). Если нагрѣвать пробирку въ томъ мѣстѣ, гдѣ лежитъ окись ртути, то послѣдняя распадается на свои составныя части: *ртуть*, которая соберется въ видѣ капелекъ на менѣе горячихъ стѣнкахъ пробирки, и *кислородъ*, который по мѣрѣ образованія будетъ сначала вытѣснять изъ прибора находившійся тамъ до начала опыта воздухъ, а потомъ выходить въ чистомъ видѣ изъ отверстія трубочки. Но кислородъ—газъ безцвѣтный, по виду не отличающійся отъ воздуха и, слѣдовательно, невидимый. Чтобы сдѣлать выдѣленіе безцвѣтнаго и невидимаго кислорода видимымъ и затѣмъ собрать его въ сосудъ, не смѣшавши съ воздухомъ, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Конецъ газоотводной трубочки погружаютъ въ чашку, наполненную до половины водою; сначала черезъ трубочку и черезъ воду будетъ проходить вытѣсняемый кислородомъ воздухъ поднимаясь въ водѣ, вслѣдствіе своей легкости, вверхъ въ видѣ пузырьковъ. Когда весь воздухъ изъ пробирки и изъ трубочки будетъ вытѣсненъ (это узнаютъ, поднося къ концу трубочки *тлѣющую* лучинку: она ярко загорается), то также въ видѣ пузырьковъ будетъ выдѣляться и чистый кислородъ.—Чтобы собрать выдѣляющійся теперь кислородъ въ какой-либо сосудъ, наполняютъ этотъ сосудъ доверху водою, закрываютъ отверстіе просто рукою или лучше плотно прилегающею къ краямъ пластинкою, затѣмъ перевертываютъ его, и закрытымъ отверстіемъ погружаютъ въ воду; подъ водою отверстіе можно открыть, и вода, какъ извѣстно изъ физики, изъ цилиндра те-

перь не выльется (рис. 7). Такой, заполненный сплошь водою, сосудъ помѣщаютъ надъ отверстіемъ газоотводной трубочки, не вынимая, однако, нижняго конца сосуда изъ воды; тогда выдѣляющіеся пузырьки кислорода, вытѣсняя воду, будутъ собираться въ сосудѣ. Такъ обыкновенно собираются и прочіе газы. Когда вся вода изъ цилиндра будетъ вытѣснена, отверстіе сосуда подъ водою снова закрываютъ; сосудъ вынимаютъ изъ воды; повернувъ его отверстіемъ вверхъ и открывши отверстіе, вносятъ внутрь сосуда тлѣющую лучинку.

Какъ всѣмъ извѣстно, тлѣющая лучинка въ обыкновенномъ воздухѣ скоро потухла бы, внесенная же въ сосудъ съ кислородомъ, она, оказывается, вспыхнетъ пламенемъ и притомъ значительно болѣе сильнымъ и яркимъ, чѣмъ въ воздухѣ; самъ же кислородъ при этомъ не загорается. Если горящую въ кислородѣ яркимъ пламенемъ лучинку вдвигать въ сосудъ по мѣрѣ ея сгоранія, то, какъ показываетъ опытъ, настанетъ, наконецъ, такой моментъ, когда лучина потухнетъ; точно такъ же будутъ тухнуть и другія, зажженныя на воздухѣ тѣла, будучи внесены въ сосудъ, гдѣ раньше былъ кислородъ, а теперь, послѣ горѣнія, очевидно, образовался какой-то новый газъ, отличающійся и отъ кислорода, и отъ обыкновеннаго воздуха по своему свойству совершенно не поддерживать горѣнія. Изученіе этого газа показываетъ что это такъ наз. углекислый газъ, представляющій изъ себя химическое соединеніе кислорода съ углеродомъ и образовавшійся при горѣніи, очевидно, отъ соединенія кислорода съ другимъ элементомъ—углеродомъ, заключающимся въ лучинкѣ. Такимъ образомъ сущность явленія горѣнія лучины въ кислородѣ, какъ и вообще всякаго горѣнія, сводится къ тому, что вещество горящаго тѣла химически соединяется съ кислородомъ, при чемъ выдѣляется большое количество теплоты, способной накалить до свѣченія твердыя частицы, находящіяся въ пламени (при горѣніи лучинки это будутъ частицы углерода; см. стр. 194).

Продѣлавъ такіе же опыты съ другими горючими веществами (разумѣется, съ новыми количествами кислорода), мы нашли бы, что всѣ они горятъ въ кислородѣ гораздо легче и ярче, чѣмъ въ воздухѣ, при чемъ конечнымъ продуктомъ горѣнія является химическое соединеніе вещества сжигаемаго тѣла съ кислородомъ. Въ кислородѣ горятъ даже такія тѣла, которыя въ воздухѣ совсѣмъ не горятъ, какъ, напримѣръ, желѣзо (рис. 21). Для опыта сожженія желѣза берутъ желѣзную проволоку, конецъ которой предварительно накаливаютъ докрасна; внесенная теперь въ сосудъ съ кислородомъ, она сгораетъ очень красиво съ образованіемъ сыплющихся во всѣ стороны яркихъ искръ.

Опыты горѣнія въ кислородѣ удаются, если даже отверстіе сосуда передъ внесеніемъ въ него горючаго тѣла будетъ нѣкоторое время совершенно открыто, изъ чего ясно слѣдуетъ, что кислородъ тяжелѣе воздуха [1]).

Послѣ этихъ опытовъ мы можемъ охарактеризовать *кислородъ* какъ *газъ безцвѣтный, негорючій, но поддерживающій горѣніе и болѣе тяжелый, чѣмъ воздухъ.*

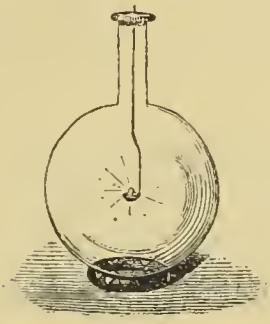


Рис. 19. Горѣніе сѣры и натрія въ кислородѣ.

Рис. 20. Горѣніе фосфора въ кислородѣ.

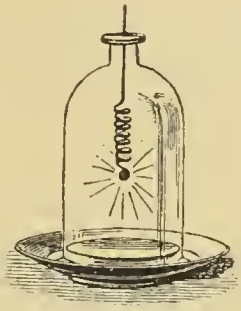


Рис. 21. Горѣніе желѣза въ кислородѣ.

Кромѣ описаннаго выше способа полученія кислорода изъ красной окиси ртути, такъ же простъ и даже дешевле способъ добыванія кислорода изъ Бертолетовой соли,—той, что употребляется для полосканія горла и зубовъ. Химическій составъ Бертолетовой соли выражается формулою $KClO_3$, что значитъ, что частица ея состоитъ изъ одного атома калія (K), одного атома хлора (Cl) и трехъ атомовъ кислорода (O). При нагрѣваніи эта соль сначала плавится, а потомъ начинаетъ выдѣлять изъ себя кислородъ, такъ что въ концѣ-концовъ изъ нея выдѣляется весь кислородъ и остается только хлористый калій — KCl; слѣдовательно, эту реакцію (*реакцію разложенія*) мы можемъ написать такъ:

$$\underset{\text{Бертолетова соль.}}{KClO_3} = \underset{\text{хлористый калій.}}{KCl} + \underset{\text{кислородъ.}}{3O}\ ^{2})$$

Практическое осуществленіе добыванія кислорода изъ Бертолетовой соли таково же, какъ и при окиси ртути; только для болѣе равномѣрнаго выдѣленія кислорода Бертолетову соль, хорошо измельченную, смѣшиваютъ съ какимъ-нибудь неплавя-

[1]) Точное опредѣленіе удѣльнаго вѣса кислорода показало, что онъ въ 1,1056 разъ тяжелѣе воздуха.

[2]) На самомъ дѣлѣ уравненіе разложенія нѣсколько сложнѣе: $2KClO_3 = KCl + KClO_4 + O_2$.

щимся и неизмѣняющимся отъ кислорода веществомъ, напр. съ мелкимъ чистымъ пескомъ или перекисью марганца. При этомъ опытѣ нужно заботиться, чтобы въ смѣсь не попали клочки бумаги, древесные опилки или стружки, сѣра и тому подобныя горючія вещества, иначе—можетъ быть взрывъ.

Собираютъ и хранятъ кислородъ, какъ и многіе другіе газы, въ т. наз. *газометрахъ* — стеклянныхъ (рис. 22) или металлическихъ (рис. 23).

Кислородъ, входя въ составъ воздуха, не связанъ химически съ другими составными частями его или, какъ говорятъ, нахо-

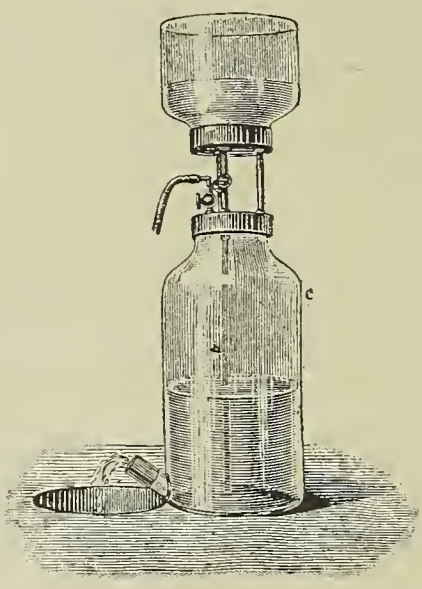


Рис. 22. Стеклянный газометръ.

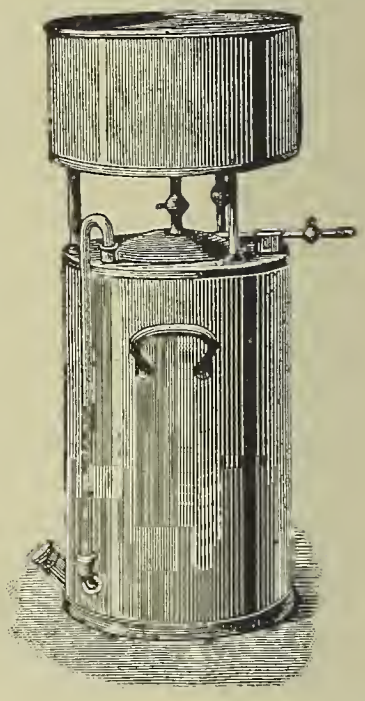


Рис. 23. Металлическій газометръ.

дится въ воздухѣ въ свободномъ состояніи. Чтобы выяснить ту важную роль, которую играетъ въ природѣ кислородъ, находясь въ воздухѣ въ свободномъ состояніи, вспомнимъ, что безъ него не было бы горѣнія, а слѣдовательно и способа искусственнаго полученія тепла и свѣта. Ему же обязано своимъ существованіемъ и все животное царство, такъ какъ животныя дышатъ воздухомъ только ради находящагося въ немъ кислорода, который является для поддержанія въ нихъ жизни настолько же необходимымъ, какъ питательныя вещества. Въ этомъ убѣждаютъ насъ самые простые опыты; такъ, если помѣстить животное въ сосудъ, наполненный какимъ-нибудь другимъ газомъ, то животное скоро умираетъ. Сущность дыханія живот-

ныхъ объясняется такъ: при вдыханіи воздуха животнымъ, кислородъ воздуха, какъ и при горѣніи, соединяется съ углеродомъ животнаго, образуя углекислый газъ, а при выдыханіи этотъ образовавшійся внутри животнаго углекислый газъ выдѣляется въ воздухъ.

Теперь, зная, что при горѣніи и при дыханіи тратится громадное количество кислорода, у внимательнаго читателя долженъ явиться вопросъ: не уменьшается ли въ воздухѣ количество свободнаго кислорода? А вопросъ этотъ чрезвычайно важенъ, такъ какъ это вопросъ жизни и смерти всего животнаго царства и вмѣстѣ съ тѣмъ человѣка. Наука отвѣчаетъ на этотъ вопросъ отрицательно потому, что кислородъ воздуха, хотя и тратится на горѣніе и на дыханіе животныхъ, зато при дыханіи растеній происходитъ какъ разъ обратное: днемъ растенія вдыхаютъ въ себя углекислый газъ, а выдыхаютъ кислородъ. Такимъ образомъ количество кислорода въ общей массѣ атмосфернаго воздуха остается постояннымъ (см. также стр. 180).

При сильномъ охлажденіи и сжатіи газообразный кислородъ, какъ и другіе газы, удалось превратить въ жидкое состояніе [1]).—Воздухъ, какъ извѣстно уже читателю, состоитъ, главнымъ образомъ, изъ газообразныхъ кислорода и азота. Если воздухъ подвергнуть сильному охлажденію и сжатію, то онъ превратится въ *жидкій воздухъ*, состоящій теперь уже изъ жидкихъ кислорода и азота. Но азотъ кипитъ при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ кислородъ. Поэтому, если жидкому воздуху дать испаряться, то сначала будетъ испаряться азотъ, и когда азотъ весь испарится, то останется жидкій кислородъ. Такимъ образомъ является возможность полученія кислорода изъ жидкаго воздуха.

Въ природѣ, помимо воздуха, гдѣ кислородъ находится въ свободномъ состояніи, онъ очень распространенъ въ видѣ многочисленныхъ химическихъ соединеній съ другими элементами. Объ этихъ соединеніяхъ, называемыхъ въ химіи *окислами*, читатель найдетъ отдѣльную главу.

Основаніе, кислота и соль.

Окислами, или *окисями* называются химическія соединенія различныхъ элементовъ съ кислородомъ. Они очень распространены въ природѣ; такъ, вода представляетъ химическое соединеніе кислорода съ водородомъ, всѣ землистыя вещества, главнымъ

[1]) Жидкій кислородъ кипитъ при—181°,4.

образомъ, состоятъ изъ соединенія кислорода съ металломъ алюминіемъ, а песокъ есть соединеніе кислорода съ кремніемъ.

Изученіе свойствъ различныхъ окисловъ представляетъ вопросъ большой важности, такъ какъ это приведетъ насъ къ опредѣленіямъ такихъ распространенныхъ и въ химіи, и въ обыденной жизни словъ, какъ *основаніе, щелочь, кислота и соль*.

Разсмотримъ для этого сначала слѣдующіе два окисла: 1) окись металла кальція, химическій составъ которой выражается формулою CaO, что̀ значитъ, что частица окиси кальція состоитъ изъ одного атома кальція *(Ca)* и одного атома кислорода *(O)* (въ обыденной жизни окись кальція извѣстна подъ названіемъ *негашеной извести*), и 2) соединеніе кислорода съ сѣрою, извѣстное въ химіи подъ названіемъ сѣрнаго ангидрида, частица котораго состоитъ изъ одного атома сѣры *(S)* и трехъ атомовъ кислорода, что́ и выражается формулою этого соединенія—SO_3. При изученіи свойствъ этихъ двухъ окисловъ оказывается, что оба они легко соединяются съ водою, образуя новыя соединенія: изъ окиси кальція (негашеной извести) получается *гашеная известь*, а изъ сѣрнаго ангидрида получается маслообразная, тяжелая жидкость, называемая *сѣрною кислотою*, или купороснымъ масломъ. Соединенія эти рѣзко отличаются другъ отъ друга какъ по физическимъ, такъ и по химическимъ своимъ свойствамъ; между прочимъ, эти соединенія различаются и по вкусу: гашеная известь обладаетъ щелочнымъ, т.-е. ѣдкимъ и вяжущимъ вкусомъ, а купоросное масло — ѣдкимъ и рѣзко кислымъ.

Изучая свойства различныхъ окисловъ, мы найдемъ, что одни изъ нихъ (какъ сѣрный ангидридъ) будутъ давать съ водою кислыя вещества, другія же (какъ окись кальція) — соединенія щелочныхъ или—общѣе—основныхъ свойствъ. Поэтому окислы можно раздѣлить на двѣ группы: окислы первой группы называются кислыми, или ангидридами кислотъ, а второй—основными. Химическія соединенія, образуемыя окислами съ водою, вообще называются *гидратами* окисловъ; но такъ какъ эти соединенія обладаютъ или основными, или кислыми свойствами, то они называются основаніями и кислотами. Итакъ, **основаніемъ** *называется вещество, образующееся отъ соединенія основного окисла съ водою, а* **кислотою** *— вещество, образующееся отъ соединенія кислотнаго окисла въ водою.*

Одни изъ основаній растворимы въ водѣ, другія—не растворяются; въ первыхъ основныя свойства рѣзче выражены: они сообщаютъ водѣ жгучій, вяжущій вкусъ и ѣдкія свойства. Ихъ

называютъ *щелочами*. Щелочи и кислоты называются по элементамъ, входящимъ въ составъ окисловъ, изъ которыхъ они образовались; такъ, соединенія щелочныхъ окисловъ натрія и калія съ водою будутъ называться натріевою и каліевою щелочами, или *ѣдкимъ натромъ*, *ѣдкимъ кали;* ѣдкій натръ въ обыденной жизни называется еще каустическою содою. Съ другой стороны, какъ мы видѣли, соединеніе сѣрнаго ангидрида съ водою даетъ сѣрную кислоту и т. п.[1]).

Есть растительная краска—*лакмусъ*, при помощи которой очень легко опредѣлить, представляетъ ли какое-нибудь вещество кислоту или щелочь. Растворъ этой краски въ водѣ (или спиртѣ) называется лакмусовою настойкою и самъ по себѣ имѣетъ фіолетовую (лиловую) окраску; но если къ этой фіолетовой лакмусовой настойкѣ прилить нѣсколько капель раствора кислоты, то цвѣтъ измѣняется въ красный; приливаніе же къ фіолетовой лакмусовой настойкѣ раствора щелочи вызываетъ измѣненіе фіолетоваго цвѣта въ синій. Можно поступать и обратно: приливать лакмусовую настойку къ растворамъ кислоты или щелочи,— измѣненіе цвѣта наблюдается такое же. Значитъ, чтобы рѣшить вопросъ, имѣется ли въ данной жидкости кислота или щелочь, нужно прилить къ ней фіолетовой лакмусовой настойки: красный цвѣтъ укажетъ намъ на присутствіе кислоты, синій—щелочи, а если жидкость останется фіолетовой, то ни кислоты, ни щелочи въ ней нѣтъ. Такія не кислыя и не щелочныя жидкости

---

[1]) Изъ щелочныхъ окисловъ, кромѣ упомянутаго раньше окисла кальція—CaO, укажемъ на окислы металловъ калія (K) и натрія (Na); формулы ихъ окисловъ будутъ: K_2O—окись калія и Na_2O—окись натрія. Изъ кислыхъ окисловъ, кромѣ сѣрнаго ангидрида—SO_3, укажемъ на азотный ангидридъ—N_2O_5 и угольный ангидридъ—CO_2; химическій составъ ихъ ясенъ изъ формулъ, гдѣ N есть химическій знакъ азота, C — химическій знакъ углерода и O—химическій знакъ кислорода.

Реакціи соединеній этихъ щелочныхъ и кислотныхъ окисловъ съ водою напишутся такъ:

Образованіе щелочей:

$$Na_2O + H_2O = Na_2O_2H_2, \text{ или } 2NaOH$$
окись натрія — вода — ѣдкій натръ.

$$CaO + H_2O = CaH_2O_2, \text{ или } Ca(OH)_2$$
негашеная известь — вода — ѣдкая известь

и т. п.

Образованіе кислотъ:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
сѣрный ангидридъ — вода — сѣрная кислота

$$N_2O_5 + H_2O = H_2N_2O_6, \text{ или } 2HNO_3$$
азотный ангидридъ — вода — азотная кислота

и т. п.

Написаніе этихъ реакцій, какъ видно, сводится здѣсь къ простому сложенію числа атомовъ одинаковыхъ элементовъ и, если есть общій множитель—къ помѣщенію его предъ формулою.

или растворы называются *средними*, или *нейтральными*. Вмѣсто лакмусовой настойки часто пользуются лакмусовою бумагою; это—бѣлая пропускная бумага, окрашенная слабокислымъ растворомъ лакмуса въ красный цвѣтъ и слабощелочнымъ—въ синій. Употребленіе ея понятно: если красная лакмусовая бумага, смоченная испытуемою жидкостью, синѣетъ, то жидкость щелочная; если синяя бумажка краснѣетъ, то жидкость кислая; если же ни та, ни другая бумажка не мѣняетъ своего цвѣта, то испытуемая жидкость нейтральна.

Возвратимся опять къ двумъ упомянутымъ въ началѣ этой статьи окисламъ—окиси кальція и сѣрному ангидриду. Если эти два окисла привести въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, то, какъ показываетъ опытъ, получается новое соединеніе нейтральныхъ свойствъ,—не похожее по своимъ свойствамъ ни на щелочь, ни на кислоту, т.-е. не измѣняющее цвѣта лакмусовой настойки. Это уже будетъ **соль**, и именно сѣрнокальціевая соль, такъ какъ въ составъ ея входятъ окислы сѣры и кальція; въ обыденной жизни она извѣстна подъ названіемъ *гипса*. Опыты соединенія кислыхъ окисловъ съ основными показываютъ, что каждый изъ кислыхъ окисловъ способенъ соединяться съ каждымъ изъ основныхъ окисловъ, при чемъ получается новое, почти всегда нейтральное соединеніе, называемое солью. Итакъ, *солью называется продуктъ соединенія двухъ окисловъ, изъ которыхъ одинъ кислый, а другой — основной*. Такъ, если пропускать угольный ангидридъ (CO_2) черезъ трубку, наполненную окисью кальція, то получается углекальціевая соль [1]).

---

1) Реакціи образованія упомянутыхъ здѣсь солей и, слѣдовательно, формулы этихъ солей напишутся такъ:

$$CaO + SO_3 = CaSO_4$$

окись кальція сѣрный ангидридъ сѣрнокальціевая соль

$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

окись кальція угольный ангидридъ углекальціевая соль

Однако, не всѣ окислы способны соединяться между собою и съ водою. Окислы, способные образовывать соли, щелочи и кислоты, называются *солеобразными*; неспособные же къ соединеніямъ окислы называются *безразличными*. Для нѣкоторыхъ элементовъ извѣстно нѣсколько соединеній ихъ съ кислородомъ, отличающихся другъ отъ друга различнымъ колпчествомъ кислорода, входящаго въ составъ этихъ соединеній. Такъ, напримѣръ, свинецъ (*Pb*) образуетъ съ кислородомъ два соединенія: въ одномъ на одинъ атомъ свинца приходится одинъ атомъ кислорода, въ другомъ—два атома, что̀ и выражается формулами этихъ соединеній—PbO и PbO_2. Окислы съ содержаніемъ кислорода, меньшимъ противъ того, сколько его содержится въ обыкновенной окиси, называются *закислами*, а съ бо̀льшимъ—*перекислами*. PbO—будетъ окись свинца, PbO_2— перекись свинца. Закиси и окиси являются солеобразными окислами, а перекиси—безразличными.

Соли образуются дѣйствіемъ другъ на друга не только самихъ окисловъ, но также и гидратовъ ихъ, напр. дѣйствіемъ щелочей на кислоты, и обратно. Такъ какъ получившаяся послѣ взаимодѣйствія кислоты и щелочи соль показываетъ большею частью нейтральную реакцію, то это взаимодѣйствіе кислоты съ щелочью, совершающееся на практикѣ простымъ приливаніемъ кислоты къ щелочи (или обратно) до средней реакціи, называется *нейтрализаціею*. Практически это осуществляется такъ: возьмемъ растворъ какой-нибудь щелочи; капля этого раствора на красной лакмусовой бумажкѣ даетъ синее пятно. Станемъ затѣмъ приливать къ этой щелочи по каплямъ какой-нибудь кислоты до тѣхъ поръ, пока взятая изъ раствора капля не будетъ уже больше давать синяго пятна на красной лакмусовой бумажкѣ и краснаго пятна на синей бумажкѣ. Если образовавшаяся при этомъ соль нерастворима или трудно растворима въ водѣ, какъ, напримѣръ, сѣрнокальціевая соль, то растворъ помутнѣетъ, и спустя нѣкоторое время соль сядетъ на дно, послѣ чего прозрачную жидкость можно осторожно слить, а оставшуюся на днѣ соль высушить и получить, такимъ образомъ, чистую соль. Если же образовавшаяся соль, напр. сѣрнонатріевая, хорошо растворима, то растворъ остается прозрачнымъ, и для полученія соли его нужно выпарить, при чемъ вода испарится, а соль останется въ чистомъ видѣ.

Реакція нейтрализаціи кислотъ щелочами (или обратно) не представляетъ уже простого соединенія двухъ веществъ въ одно, а заключается въ томъ, что водородъ кислоты и металлъ щелочи обмѣниваются своими мѣстами. При этомъ одинъ атомъ металла можетъ стать на мѣсто одного же атома водорода или одинъ атомъ металла становится на мѣсто двухъ, трехъ и т. д. атомовъ водорода. Въ первомъ случаѣ металлъ называется *одновалентнымъ*, въ другихъ случаяхъ—*двувалентнымъ*, *трехвалентнымъ* и т. д. Такъ, чтобы нейтрализовать ѣдкимъ натромъ *(NaOH)* одну частицу сѣрной кислоты *(H_2SO_4)*, имѣющей два атома водорода, нужно взять ѣдкаго натра *двѣ* частицы, такъ какъ металлъ натрій одновалентный, и реакція тогда напишется такъ:

$$\begin{matrix} NaOH \\ NaOH \end{matrix} + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

2 част. ѣдкаго натра 1 част. сѣрной кислоты сѣрнонатріевая соль 2 част. воды

Если нейтрализовать гашеную известь, $Ca(OH)_2$, азотною кислотою, (HNO_3), то нужно взять одну частицу извести и двѣ частицы азотной кислоты, такъ какъ двувалентный металлъ кальцій

долженъ замѣстить собою два атома водорода, которые будутъ заключаться, очевидно, въ двухъ частицахъ азотной кислоты; поэтому реакція напишется такъ:

$$Ca\begin{matrix}OH \\ OH\end{matrix} + \begin{matrix}H\,NO_3 \\ H\,NO_3\end{matrix} = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O.$$

Еще одинъ способъ образованія солей заключается въ раствореніи металловъ въ кислотахъ. Такъ, если цинкъ *(Zn)* бросить въ разбавленную водою сѣрную кислоту, то цинкъ будетъ растворяться въ ней; вмѣстѣ съ тѣмъ будетъ наблюдаться шипѣніе жидкости отъ выдѣляющагося газа, который, какъ уже знаемъ, называется водородомъ. Если кислую жидкость затѣмъ выпарить, то получатся кристаллы сѣрноцинковой соли, называемой въ общежитіи цинковымъ купоросомъ. Сущность реакціи здѣсь заключается въ томъ, что водородъ кислоты выдѣляется, а на его мѣсто становится металлъ:

$$\underset{\text{цинкъ}}{Zn} + \underset{\text{сѣрная кислота}}{H_2SO_4} = \underset{\substack{\text{сѣрноцин-}\\\text{ковая соль}}}{ZnSO_4} + \underset{\text{водородъ}}{H_2}$$

Поэтому **солью** *можно назвать такое соединеніе, которое образуется изъ кислоты замѣною въ ней водорода металломъ.* При этомъ металломъ можетъ быть замѣщенъ или весь водородъ, или только часть его; въ первомъ случаѣ соль называется *среднею*, а во второмъ—*кислою;* такъ, есть двѣ угленатріевыя соли: 1) Na_2CO_3 — средняя угленатріевая соль, или обыкновенная сода; и 2) $NaHCO_3$ — кислая угленатріевая соль, или двууглекислая сода.

На основаніи способности водорода кислоты замѣщаться металломъ, **кислотою** *можно назвать такое соединеніе, водородъ котораго способенъ замѣщаться металломъ.* Существуетъ, напр., хлористоводородный газъ, представляющій химическое соединеніе одного атома водорода *(H)* съ однимъ атомомъ хлора *(Cl)*; растворъ этого газа въ водѣ называется *соляною кислотою* и обозначается формулою *HCl*. Хотя это соединеніе и не является гидратомъ окисла, но оно по справедливости названо кислотою, такъ какъ измѣняетъ цвѣтъ лакмуса изъ фіолетоваго въ красный, а при дѣйствіи металловъ и окисловъ ихъ водородъ замѣщается металломъ и образуются соли. Такъ, если въ соляную кислоту *(HCl)* бросать кусочки желѣзной проволоки, то будетъ наблюдаться выдѣленіе водорода; безцвѣтная раньше кислота по-

желтѣетъ; выпаривши досуха желто-зеленый растворъ, мы получимъ зеленоватые кристаллы хлористаго желѣза ($FeCl_2$); если же растворъ предварительно заставимъ долго и сильно кипѣть, тогда получается желто-бурое вещество — хлорное желѣзо ($FeCl_3$). Если къ раствору ѣдкаго натра ($NaOH$) приливать до нейтральной реакціи соляной кислоты и полученный нейтральный растворъ выпарить досуха, то получится твердое вещество—натріевая соль соляной кислоты или проще—хлористый натрій ($NaCl$), представляющій изъ себя обыкновенную, употребляемую на кухнѣ и за обѣденнымъ столомъ, поваренную соль.

Воздухъ.

Воздухъ, который такъ необходимъ для жизни животныхъ и растеній, представляетъ собою смѣсь, главнымъ образомъ, двухъ газовъ—кислорода и азота, съ постоянною, но незначительною примѣсью углекислаго газа. Всегда же въ немъ содержится и вода въ формѣ пара; количество ея, однако, измѣняется очень сильно съ временами года, съ географическимъ положеніемъ страны и т. д. Кромѣ того, въ воздухѣ недавно открыто присутствіе еще пяти газовъ: аргона, гелія, неона, ксенона и криптона, названныхъ, въ виду ихъ особенной способности не вступать въ химическое взаимодѣйствіе съ другими элементами, *благородными газами*.

Несмотря на то, что азотъ и кислородъ, содержащіеся въ воздухѣ, не соединены химически, а лишь смѣшаны, воздухъ отличается замѣчательнымъ постоянствомъ состава. Взятый у поверхности земли, на вершинѣ высокой горы, въ глубокой лощинѣ, у моря, въ степи—при всѣхъ разнообразныхъ условіяхъ онъ имѣетъ тотъ же составъ. Опредѣленіе **состава воздуха по объему** можно произвести, поглощая кислородъ фосфоромъ. Для этого поступаютъ слѣдующимъ образомъ: на поверхность воды, влитой въ большую плоскодонную стеклянную чашку (рис. 24) помѣщаютъ пробку съ прикрѣпленнымъ къ ней маленькимъ фарфоровымъ тигелькомъ, въ который кладутъ кусочекъ фосфора и который прикрываютъ сверху большимъ стекляннымъ колоколомъ съ открытымъ отвер-

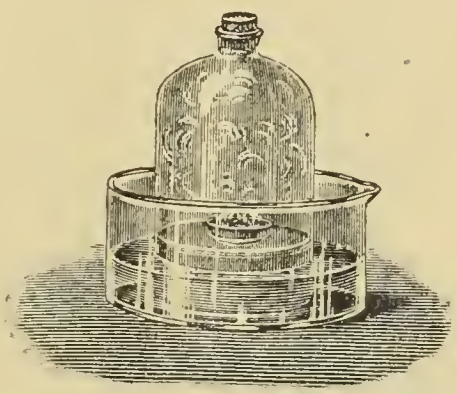


Рис. 24. Горѣніе фосфора подъ колоколомъ для изслѣдованія состава воздуха.

стіемъ вверху. Уровни воды какъ въ чашкѣ, такъ и подъ колоколомъ при этомъ будутъ одинаковы, ибо мы въ данномъ случаѣ имѣемъ два сообщающихся сосуда.

Теперь введемъ черезъ отверстіе въ колоколѣ тонкій желѣзный прутъ съ нагрѣтымъ концомъ и, дотронувшись имъ до фосфора, тѣмъ самымъ воспламенимъ его; удаливши прутъ, плотно закроемъ отверстіе пробкой. Фосфоръ будетъ продолжать горѣть въ этомъ замкнутомъ пространствѣ, выдѣляя массу бѣлаго дыма, до тѣхъ поръ, пока весь кислородъ, заключавшійся въ этомъ объемѣ воздуха, не изсякнетъ. Продуктъ этого горѣнія—химическое соединеніе фосфора съ кислородомъ—называется фосфорнымъ ангидридомъ; онъ въ видѣ бѣлаго рыхлаго порошка отчасти осѣдаетъ при этомъ на стѣнкахъ колокола.

По охлажденіи стѣнокъ колокола и оставшагося въ немъ газа, вода изъ чаши будетъ медленно входить въ пространство, прикрытое колоколомъ, и заполнитъ въ немъ ровно тотъ объемъ, какой раньше занималъ поглощенный фосфоромъ кислородъ, при чемъ, конечно, уровень воды подъ колоколомъ станетъ выше уровня воды въ чашкѣ.

Желая убѣдиться въ томъ, что оставшійся подъ колоколомъ газъ—азотъ, внесемъ черезъ отверстіе зажженную свѣчу: она потухнетъ, такъ какъ азотъ не обладаетъ способностью поддерживать горѣніе.

Можно опытъ произвести еще такъ. Измѣрительную трубку (рис. 25) наполняютъ отчасти ртутью; остальная ея часть наполнена воздухомъ. Закрывъ отверстіе, трубку опрокидываютъ въ стаканъ со ртутью и потомъ на проволокѣ вводятъ въ трубку палочку фосфора, который и будетъ поглощать кислородъ, оставляя азотъ. Вслѣдствіе поглощенія ртуть въ трубкѣ будетъ подниматься и, наконецъ, займетъ въ ней объемъ поглощеннаго кислорода. Измѣривъ объемъ оставшагося азота и вычтя его изъ первоначально взятаго объема воздуха (въ трубкѣ), легко опредѣлить объемъ поглощеннаго кислорода.

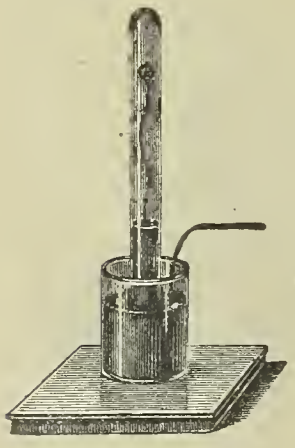


Рис. 25.

Такимъ образомъ произведенные опыты показали, что воздухъ состоитъ по объему изъ 20,8% кислорода и 79,2% азота.

Кромѣ объемнаго способа опредѣленія состава воздуха существуетъ и **вѣсовой**. Первоначально онъ былъ произведенъ слѣдующимъ образомъ (рис. 26). Просасывая воздухъ черезъ очистительные приборы *A*, *B* и *C*, содержащіе въ *A* растворъ ѣдкаго кали (или

натра) для поглощенія углекислоты воздуха, а въ B и C пемзу, смоченную крѣпкою сѣрною кислотою для удержанія влаги, и заставляя его проходить черезъ накаленную трубку ab, наполненную стружками мѣди, мы освободимъ азотъ воздуха отъ всѣхъ примѣсей. Трубка эта имѣетъ краны r и r и соединена съ баллономъ V, тоже съ краномъ U.

Передъ опытомъ какъ изъ трубки ab, такъ равно изъ баллона V выкачиваютъ весь воздухъ, и каждую изъ этихъ частей точно взвѣшиваютъ. Просасываніе воздуха ведется медленно и регули-

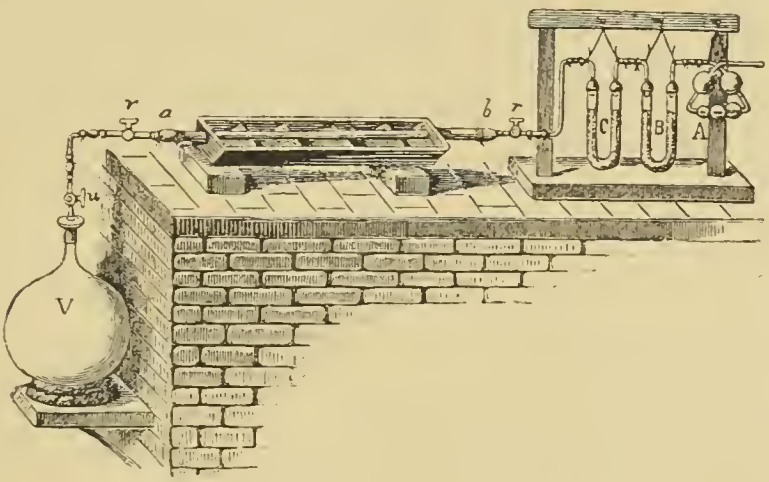


Рис. 26. Приборъ для анализа воздуха.

руется помощью крановъ r и r такъ, чтобы весь кислородъ воздуха успѣвалъ поглотиться раскаленною мѣдью, и въ баллонъ попадалъ бы только азотъ. Наполнивъ баллонъ V азотомъ, закрываютъ краны r, r и U, трубку охлаждаютъ, потомъ взвѣшиваютъ и баллонъ, и трубку; прибавка въ вѣсѣ трубки дастъ вѣсъ поглощеннаго кислорода, привѣсокъ баллона—вѣсъ азота. Многократно произведенные такимъ образомъ опыты показали, что по вѣсу въ воздухѣ 22,03$^0{}_0$ кислорода и 76,99$^0/_0$ азота.

Чистый воздухъ безцвѣтенъ, безъ запаха и вкуса. Воздухъ мало растворимъ въ водѣ; однако въ жизни мы часто наблюдаемъ это явленіе. Внутреннія стѣнки стакана съ холодною водою при стояніи въ болѣе тепломъ помѣщеніи вскорѣ покрываются массою маленькихъ пузырьковъ; это—воздухъ, который выдѣлился изъ воды благодаря повышенію температуры.

Подобно другимъ газамъ, сравнительно недавно воздухъ удалось привести въ *жидкое состояніе*. Жидкій воздухъ представляетъ собою прозрачную, голубоватую, легко подвижную жидкость, кипящую около—193^0C; его можно сохранять даже въ теченіе нѣсколькихъ дней въ сосудахъ съ двойными стѣнками.

При испареніи жидкій воздухъ понижаетъ температуру до 200°*C*. Ртуть быстро замерзаетъ въ немъ, спиртъ становится густымъ, какъ глицеринъ. Въ настоящее время жидкимъ воздухомъ пользуются для приготовленія *искусственнаго льда* въ разнообразныхъ машинахъ (Линде и друг.). При испареніи жидкаго воздуха сначала улетучивается азотъ, а потомъ уже кислородъ [1]).

О томъ, что воздухъ не представляетъ собою химическаго соединенія, а есть простая смѣсь кислорода съ азотомъ, было уже сказано (на стр. 4).

Количество *влаги* въ воздухѣ колеблется и зависитъ отъ времени года, температуры воздуха и мѣстности, гдѣ производится наблюденіе: у береговъ морей, рѣкъ, озеръ, послѣ дождя и т. п. ея больше, въ пустыняхъ и мѣстахъ, удаленныхъ отъ воды, ея меньше. Въ среднемъ въ 100 объемахъ воздуха содержится около 0,84 объема водянаго пара, т.-е. меньше одного процента.

Содержаніе въ воздухѣ *углекислаго газа* обыкновенно колеблется ок. 0,04% объема. Повышеніе содержанія углекислаго газа въ воздухѣ до $^1/_2$% дѣлаетъ его уже мало пригоднымъ для дыханія. Чистый воздухъ подобно хорошей водѣ является насущною потребностью нашего организма; вотъ почему вентиляція—одно изъ существенныхъ условій хорошихъ жилыхъ помѣщеній. Благодаря ей испорченный воздухъ удобно и быстро замѣняется свѣжимъ.

Кромѣ указанныхъ примѣсей въ воздухѣ почти всегда содержится пыль. Въ ней, кромѣ минеральныхъ веществъ, часто много зародышей *низшихъ организмовъ*. Ихъ присутствіемъ объясняется распространеніе эпидемическихъ болѣзней (скарлатины, дифтерита, чумы и т. п.), благодаря имъ—въ особенности въ теплое время года—происходитъ быстрое загниваніе пищевыхъ продуктовъ, закисаніе вина, молока и загниваніе воды.

Наша жизнь немыслима безъ воздуха. Вдыхая въ себя воздухъ, мы вводимъ въ организмъ кислородъ его, окисляющій нашу кровь; это окисленіе сопровождается образованіемъ углекислаго газа и развитіемъ теплоты, согрѣвающей наше тѣло. Разъ окисленіе прекратилось, живой организмъ умираетъ, и въ немъ быстро наступаетъ охлажденіе. Жизнь, это—горѣніе. Въ противоположность животнымъ, растенія при *солнечномъ свѣтѣ* поглощаютъ углекислый газъ и своими зелеными частями разлагаютъ его такъ, что углеродъ остается въ растеніи—«ассимилируется», какъ говорятъ ботаники, а кислородъ выдѣляется. Въ отсут-

---

[1]) См. стр. 45.

ствіи солнечнаго свѣта и растенія поглощаютъ кислородъ и выдыхаютъ углекислый газъ.

Какъ пониженіе содержанія кислорода въ воздухѣ, такъ равно и повышеніе его вредно отзываются на жизни организмовъ. Въ чистомъ кислородѣ жизненные процессы организмовъ въ первое время идутъ гораздо энергичнѣе, чѣмъ въ обыкновенномъ воздухѣ, но вскорѣ затѣмъ наступаетъ ослабленіе жизненныхъ силъ, и организмъ умираетъ, такъ какъ къ такому повышенному окисленію онъ не успѣваетъ приспособиться.

Такимъ образомъ мы видимъ, что азотъ въ воздухѣ играетъ существенную роль: смѣшанный съ кислородомъ, онъ умѣряетъ его разрушительное дѣйствіе и тѣмъ дѣлаетъ процессы окисленія болѣе равномѣрными. Этимъ, однако, значеніе азота, какъ сейчасъ увидимъ, не ограничивается.

Азотъ—N_2.

Азотъ очень распространенъ въ природѣ. Кромѣ воздуха, въ которомъ азотъ находится въ смѣси съ кислородомъ, почему называется *свободнымъ*, въ природѣ этотъ элементъ встрѣчается и въ такъ называемомъ *связанномъ* состояніи, т.-е. въ соединеніи съ другими элементами, какъ, напр., водородомъ, кислородомъ, углеродомъ и т. д.

Въ такомъ видѣ онъ входитъ въ составъ большинства изъ тѣхъ органическихъ веществъ, которыя содержатся въ нашемъ тѣлѣ, равно какъ въ животныхъ и растеніяхъ и носятъ названія *бѣлковыхъ* и *азотистыхъ* соединеній.

Азотъ воздуха въ присутствіи кислорода и влаги, подъ вліяніемъ теплоты и жизнедѣятельности такъ называемыхъ *микроорганизмовъ*, изъ свободнаго состоянія переходитъ въ связанное. Онъ окисляется при этомъ на счетъ кислорода, образуя азотную кислоту, которая, насыщаясь основаніями почвы, служитъ въ видѣ своихъ солей однимъ изъ питательныхъ началъ растеній. Какъ на примѣръ подобнаго явленія, укажемъ на бобовыя растенія—люцерну, вику, бобы, горохъ, на корняхъ которыхъ образуются особыя утолщенія, наполненныя колоніями такихъ микроорганизмовъ. Чрезъ растенія этотъ азотъ поступаетъ въ организмы животныхъ, которыя возвращаютъ часть азота въ видѣ водородныхъ и кислородныхъ соединеній, содержащихся въ мочѣ, испражненіяхъ, потѣ, а эти соединенія азота, снова попадая въ почву и воду, опять идутъ на питаніе растеній и образованіе ихъ тканей, а растенія снова идутъ въ пищу намъ и животнымъ. Таковъ круговоротъ азота.

Отсюда не трудно вывести заключеніе о той роли, какую азотъ играетъ въ экономіи природы. Почва, бѣдная азотистыми веществами, естественно, не можетъ дать обильной жатвы, и мы, желая поднять ея урожайность, удобряемъ ее, т.-е. вводимъ въ нее остатки органическихъ соединеній (или неорганическихъ), богатыхъ связаннымъ азотомъ.

Изъ неорганическихъ соединеній азота, встрѣчающихся въ природѣ въ видѣ минераловъ, укажемъ на калійную и въ особенности натріевую соль азотной кислоты, носящихъ общее названіе *селитръ*.

Азотъ сравнительно легко можетъ быть полученъ *изъ воздуха*; нужно только принять мѣры для удаленія смѣшаннаго съ нимъ кислорода. Для этого примѣняютъ вещества, жадно поглощающія кислородъ; мы видѣли, какъ можно для этой цѣли воспользоваться фосфоромъ. Для той же цѣли можно примѣнять и другія вещества; такъ, напр., пропуская воздухъ черезъ трубку, наполненную стружками (красной) мѣди и накаливая ее, мы соберемъ азотъ, потому что кислородъ воздуха будетъ соединяться съ мѣдью и дастъ черную окись мѣди (см. стр. 179):

Cu	$+$	O	$=$	CuO
мѣдь		кислородъ воздуха		черная окись мѣди.

Тѣмъ или другимъ способомъ полученный изъ воздуха азотъ не совсѣмъ чистъ, такъ какъ кромѣ кислорода и азота въ воздухѣ находятся еще и другіе газы (аргонъ, гелій, неонъ, криптонъ и ксенонъ—см. ст. «Воздухъ»), правда, въ очень небольшомъ количествѣ, но удалить ихъ при этомъ не удается.

Химически чистый азотъ получается при нагрѣваніи (рис. 27) особенной соли, которая называется *азотистокислымъ аммоніемъ* [1]) и изображается формулою $NO_2(NH_4)$. Вглядѣвшись въ эту формулу, сейчасъ же увидимъ, что водородъ (H_4) и кислородъ (O_2) входятъ въ составъ этой соли какъ разъ въ той самой пропорціи, въ какой эти два элемента образуютъ воду. Если къ этому прибавимъ, что азотистокислый аммоній—непрочное вещество, т.-е. при нагрѣваніи легко разлагается, тогда станетъ понятно образованіе азота изъ этой соли: при нагрѣваніи она цѣликомъ распадается на азотъ и воду—

$$NO_2\ (NH_4) = N_2 + 2H_2O.$$

---

[1]) Этимъ названіемъ даютъ понять, что въ образованіи соли участвуютъ азотистая кислота (NO_2H) и аммоній (NH_4)—особая группа, свободно несуществующая, но въ соединеніяхъ играющая роль металла.

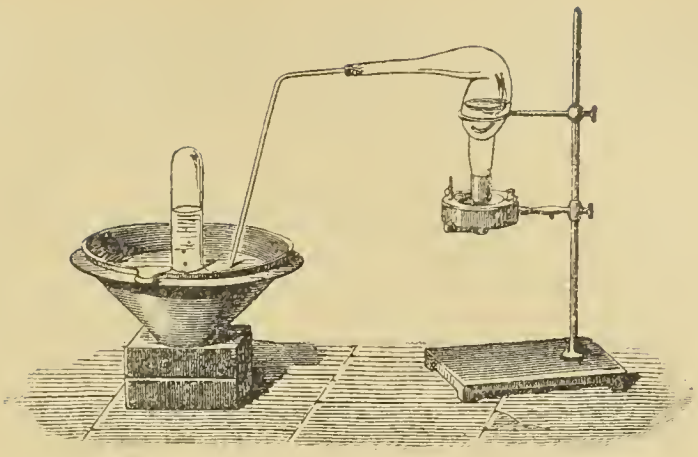


Рис. 27. Полученіе чистаго азота изъ азотистоаммоніевой соли.

Азотъ представляется тѣломъ газообразнымъ, не имѣющимъ ни цвѣта, ни запаха, ни вкуса. *Плотность* его немногимъ меньше плотности воздуха (воздухъ—1, азотъ—0,97); азотъ плохо растворяется въ водѣ (1 объемъ азота въ 500 объемовъ воды).

Еще сравнительно недавно азотъ подобно кислороду и водороду причислялся къ такъ называемымъ постояннымъ газамъ, т.-е. такимъ, которые не обладаютъ способностью принимать жидкую или твердую форму, несмотря на большія давленія и охлажденія, примѣнявшіяся для этихъ цѣлей. Въ настоящее время наука удачно разрѣшила эту задачу, постоянныхъ газовъ теперь нѣтъ, и въ техникѣ какъ жидкій воздухъ, такъ и жидкій азотъ теперь получаютъ безъ особыхъ затрудненій. Жидкій азотъ кипитъ при очень низкой температурѣ, а именно при—194°.

Азотъ не горитъ и не обладаетъ способностью поддерживать горѣніе.

При обыкновенныхъ температурахъ азотъ почти не способенъ вступать въ соединенія съ другими элементами; но зато при высокихъ температурахъ, подъ вліяніемъ электрическихъ искръ и при другихъ спеціальныхъ условіяхъ, удается получить многія и чрезвычайно разнообразныя соединенія его съ различными элементами. Чаще всего въ своихъ соединеніяхъ азотъ является элементомъ, какъ говорятъ, трехвалентнымъ, а иногда и пятивалентнымъ. Этимъ хотятъ сказать слѣдующее: есть соединенія, составленныя подобно амміаку (см. дальше), формула котораго NH_3, а есть и такія, въ которыхъ азотъ проявляетъ способность присоединять къ себѣ 5 такихъ же атомовъ или даже особенныхъ группъ. Такъ, рядомъ съ амміакомъ, гдѣ азотъ

трехвалентенъ, существуетъ хлористый аммоній — NH_4Cl, гдѣ съ азотомъ соединены 5 атомовъ—4 водородныхъ и 1 хлорный.

Атомный вѣсъ азота принимаютъ равнымъ 14; частица его состоитъ изъ двухъ атомовъ, значитъ, можетъ быть изображена такъ: N_2.

Амміакъ—NH_3. Азотная кислота—HNO_3.

Изъ соединеній азота съ водородомъ особенно важнымъ является амміакъ. Въ природѣ въ свободномъ состояніи амміакъ встрѣчается обыкновенно тамъ, гдѣ, какъ въ отхожихъ мѣстахъ, навозныхъ кучахъ и т. п., происходитъ гніеніе мочи, бѣлковыхъ веществъ и т. п.

Прямо изъ азота и водорода **амміакъ получается** съ трудомъ и очень мало; поэтому въ техникѣ этотъ способъ и не примѣняется. Многія азотистыя вещества при накаливаніи ихъ съ известью, содою или поташомъ (щелочами, какъ ихъ наз. иначе) способны выдѣлять заключающійся въ нихъ азотъ въ формѣ амміака. Но амміакъ можно получать также изъ содержащихъ азотъ веществъ при накаливаніи ихъ въ закрытыхъ желѣзныхъ или глиняныхъ сосудахъ безъ доступа воздуха. Послѣдній способъ, носящій названіе *сухой перегонки*, примѣняется въ техникѣ въ большихъ размѣрахъ.

Суть этого способа заключается въ томъ, что большіе горизонтально лежащіе желѣзные цилиндры (наз. *ретортами*), имѣющіе въ одномъ концѣ отводныя трубы, наполняютъ остатками кожъ, мяса, волосъ и т. под. и, плотно закрывши, подвергаютъ медленному нагрѣванію до накаливанія. Среди газовъ, выдѣляющихся при этомъ, находится и амміакъ, который удерживается водою, чрезъ которую пропускаютъ газы для промыванія.

Точно такъ же амміакъ получается, какъ побочный продуктъ, при *сухой перегонкѣ каменнаго угля*, когда изъ этого послѣдняго добываютъ свѣтильный газъ. Газообразные продукты, проходя черезъ воду, отдаютъ ей весь заключающійся въ нихъ амміакъ (*газовая вода*). Чтобы получить изъ нея амміакъ, такую воду перекачиваютъ въ спеціальные, закрытые котлы, прибавляютъ къ ней известковаго молока (смѣсь изъ воды и гашеной извести) и подвергаютъ нагрѣванію. Амміакъ, растворившійся въ газовой водѣ, находится въ ней, главнымъ образомъ, въ видѣ растворенныхъ аммоніевыхъ солей, по большей части углекислыхъ, т.-е. представляетъ соединеніе амміака съ угольною кислотою; для отнятія этой кислоты и прибавляется известь.

Освободившійся же амміакъ, какъ вещество газообразное и летучее, уходитъ изъ котла по трубамъ, которыя соединены съ

закрытыми сосудами, наполненными холодною дестиллированною водою. Въ ней амміакъ весь растворяется и поступаетъ въ торговлю подъ названіемъ крѣпкаго нашатырнаго спирта.

Въ небольшихъ количествахъ, въ лабораторіяхъ, амміакъ получается такимъ образомъ (рис. 28).

Въ колбу *A* помѣщаютъ смѣсь нашатыря (NH_4Cl) и гашеной извести и смачиваютъ водою (уже при ихъ перемѣшиваніи въ ступкѣ ясно ощущается запахъ выдѣляющагося амміака), затѣмъ колбу закрываютъ пробкою съ газоотводною трубкою *B*, а эту послѣднюю сообщаютъ съ сушильными приборами, наполненными кусками негашеной извести (на рис. не показаны), и выдѣляющійся амміакъ собираютъ въ цилиндрахъ надъ ртутью, какъ показано на рисункѣ, или въ склянкахъ, наполненныхъ водою.

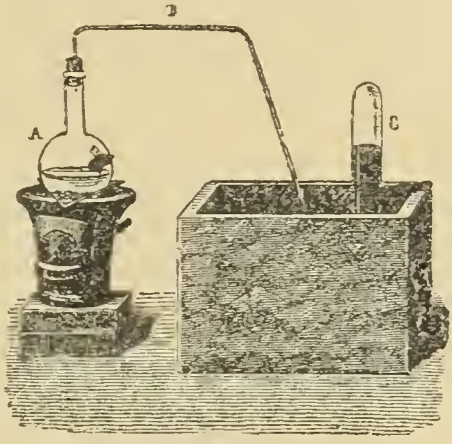


Рис. 28.

Если въ цилиндръ, наполненный амміакомъ, внести смоченный водою листикъ красной лакмусовой бумажки, она тотчасъ же сильно посинѣетъ; это значитъ, что амміакъ имѣетъ сильно щелочную реакцію. Если же ввести въ цилиндръ съ амміакомъ стеклянную палочку, смоченную крѣпкою соляною [1]) кислотою, то сейчасъ же около палочки образуется бѣлый дымъ, а сухая часть ея покроется бѣлымъ налетомъ. Налетъ этотъ есть продуктъ соединенія амміака съ кислотою—*нашатырь*, о которомъ упоминалось выше.

Амміакъ—газъ безцвѣтный, съ сильнымъ, острымъ запахомъ, раздражающимъ слизистыя оболочки глазъ и рта; въ отличіе отъ кислорода, водорода и азота, уже однимъ давленіемъ, даже при обыкновенной температурѣ, можетъ быть превращенъ въ жидкое состояніе. Жидкій амміакъ представляетъ собою безцвѣтную, весьма подвижную жидкость. Такъ какъ при испареніи его поглощается много тепла, то его примѣняли раньше для приготовленія льда (машина Карре).

Кислородъ, водородъ, азотъ—газы, очень мало растворяющіеся въ водѣ, амміакъ же, наоборотъ, обладаетъ большою растворимо-

---

[1]) Соляною кислотою называется растворъ въ водѣ газообразнаго соединенія водорода съ элементомъ—хлоромъ; соединеніе это имѣетъ формулу HCl и называется хлороводородомъ.

стью. Одинъ объемъ воды растворяетъ въ себѣ при обыкновенной температурѣ до 700 объемовъ амміака; при охлажденіи растворимость еще больше повышается; при этомъ самъ растворъ сильно нагрѣвается.

Газообразный амміакъ, хотя и представляетъ соединеніе богатое водородомъ, однако на воздухѣ не горитъ, въ кислородѣ же горитъ желтымъ пламенемъ, при чемъ образуется вода и освобождается азотъ. Если въ смѣсь амміака и кислорода внести зажженную свѣчу, то происходитъ взрывъ.

Амміакъ, формула котораго NH_3, отличается большою способностью вступать въ соединенія съ кислотами. Такъ, въ присутствіи хлороводорода онъ тотчасъ съ нимъ соединяется, образуя новое тѣло—соль, всѣмъ извѣстную подъ именемъ **нашатыря:**

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl.$$
нашатырь.

Изъ формулы нашатыря видно, что въ немъ содержится не NH_3, а другая группа—NH_4. И дѣйствительно, многочисленные опыты показали, что амміакъ, NH_3, соединяясь съ кислотами, превращается въ эту группу NH_4, а потому ее, чтобы отличить отъ амміака, назвали аммоніемъ. Такимъ образомъ нашатырь есть *хлористый аммоній.*

Амміакъ имѣетъ большія техническія примѣненія. Такъ, имъ пользуются при приготовленіи соды, такъ назыв. амміачнымъ способомъ; онъ необходимъ при фабрикаціи нѣкоторыхъ анилиновыхъ красокъ; примѣняется и въ медицинѣ. Въ газообразномъ состояніи и въ растворахъ, въ видѣ нашатырнаго спирта, сильно дѣйствуетъ на слизистыя оболочки, вызывая раздраженіе; въ большомъ количествѣ онъ ядовитъ.

Съ кислородомъ азотъ даетъ цѣлый рядъ окисловъ. Они слѣдующіе: закись азота—N_2O, окись азота—NO, двуокись азота—NO_2, азотистый ангидридъ—N_2O_3 и, наконецъ, азотный ангидридъ—N_2O_5. Кромѣ нихъ существуютъ и такія соединенія, въ составъ которыхъ входитъ также водородъ. Для насъ особенно важно познакомиться съ главнѣйшимъ кислороднымъ соединеніемъ азота—азотною кислотою, имѣющею большое научное и техническое значеніе.

Азотная кислота въ свободномъ состояніи въ природѣ не встрѣчается. Послѣ сильныхъ грозъ въ дождевой водѣ [1]) удается открыть слѣды азотной кислоты, но такъ же, какъ въ почвѣ и въ рѣчныхъ водахъ, ее находятъ исключительно въ видѣ солей.

---

[1]) Въ дождевой водѣ содержится аммоніевая соль азотной кислоты.

Полученіе азотной кислоты сводится къ вытѣсненію азотной кислоты изъ ея натріевой или калійной соли при помощи сѣрной кислоты, которая, становясь на ея мѣсто, даетъ сѣрнонатріевую или сѣрнокаліевую соль, а азотная кислота, какъ вещество летучее, собирается въ охлажденныхъ пріемникахъ. Опытъ ведется слѣдующимъ образомъ (рис. 29): въ объемистую *реторту*, имѣющую вверху отверстіе (наз. *тубулусъ*), закрывающееся стеклянною пришлифованною пробкою, вносятъ отвѣшенное количество натріевой селитры — $NaNO_3$; реторту соединяютъ съ стекляннымъ *пріемникомъ* (имѣющимъ обыкновенно тубулусъ, въ который на пробкѣ вставляется стеклянная согнутая

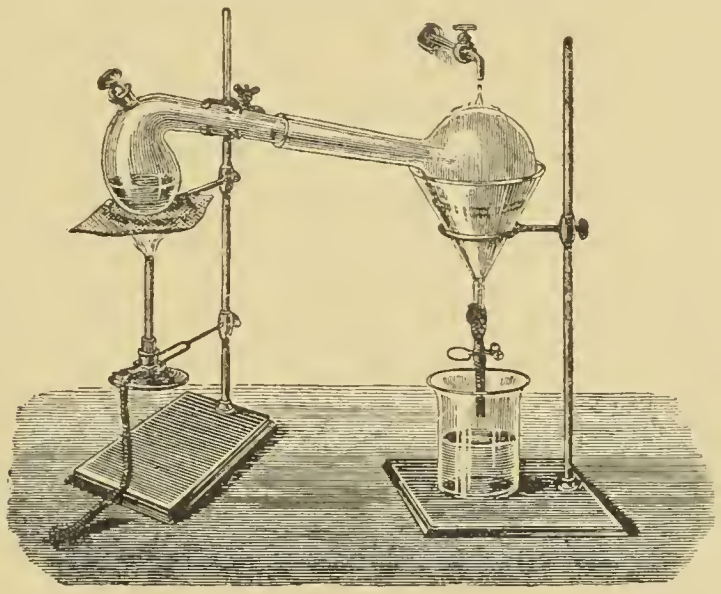


Рис. 29. Полученіе азотной кислоты.

трубка, сообщающаяся посредствомъ каучуковой трубки съ тягою). Пріемникъ обкладывается льдомъ.

Собравши, такимъ образомъ, приборъ, черезъ тубулусъ реторты вливаютъ отвѣшенное количество сѣрной кислоты, закрываютъ тубулусъ пробкою и начинаютъ нагрѣваніе, сначала слабое. Черезъ нѣкоторое время въ ретортѣ появляется желтый паръ, который, охлаждаясь въ горлѣ реторты, собирается въ прозрачныя капли, стекающія въ пріемникъ. Пріемникъ тоже наполняется этимъ желтоватымъ паромъ; для его удаленія и сдѣлано сообщеніе съ тягою (на рис. простой пріемникъ — безъ тубулуса).

Полученную такимъ образомъ кислоту смѣшиваютъ съ крѣпкою сѣрною кислотою и осторожно перегоняютъ. Послѣ продуванія чрезъ нее *сухого* воздуха она представляетъ собою безцвѣтную, прозрачную жидкость, имѣющую удѣльный вѣсъ около

1,5 и кипящую при 86°. Но безцвѣтною она остается не долго: лучи свѣта, теплота, малѣйшая пыль, попавшая въ нее, вызываютъ ея разложеніе, и она принимаетъ желтый, оранжевый и даже красно-бурый цвѣтъ и сильно дымитъ на воздухѣ. Съ водою азотная кислота смѣшивается во всѣхъ пропорціяхъ, при чемъ наблюдается разогрѣваніе смѣси.

Въ техникѣ азотную кислоту получаютъ подобнымъ же способомъ, только вмѣсто стеклянныхъ ретортъ примѣняютъ большія чугунныя, а пріемниками служатъ глиняныя бутыли.

Въ прежнія времена для полученія азотной кислоты, приготовляли въ такъ назыв. *селитряницахъ* калійную ея соль—селитру (см. стр. 245) и перерабатывали на азотную кислоту указаннымъ способомъ. Громадное значеніе для сельскаго хозяйства азотнокислыхъ солей, какъ лучшаго средства для удобренія полей и подъема ихъ урожайности, заставило науку и технику искать способовъ дешеваго и болѣе быстраго полученія азотной кислоты или ея солей. Основаніемъ для выработки этихъ способовъ послужило давно сдѣланное наблюденіе, что незначительныя количества азотной кислоты образуются при пропусканіи электрическихъ искръ черезъ смѣсь кислорода и азота, помѣщенную въ замкнутое пространство, напр. запаянную трубку. Это-то обстоятельство и натолкнуло на мысль примѣнить его въ техникѣ. Въ настоящее время эти опыты увѣнчались успѣхомъ. Уже имѣется нѣсколько заводовъ, получающихъ изъ воздуха азотную кислоту и ея соли. Заводы эти устраиваются въ гористыхъ мѣстностяхъ (Швейцарія, Норвегія), гдѣ энергія стекающей съ горъ воды даетъ возможность имѣть дешево стоящіе двигатели и превращать эту энергію въ электрическую.

Хотя теперь цѣны на азотную кислоту и ея соли очень понизились, но еще не настолько, чтобы можно было не стѣсняясь примѣнять ихъ для нуждъ сельскаго хозяйства. Однако, можно съ увѣренностью сказать, что мы у порога разрѣшенія этого въ высшей степени важнаго вопроса.

Азотная кислота имѣетъ сильно кислую реакцію, и растворы ея окрашиваютъ синюю лакмусовую бумажку въ красный цвѣтъ.

Азотная кислота состоитъ изъ одного атома водорода, одного атома азота и трехъ атомовъ кислорода, т.-е. ея формула HNO_3. Такъ какъ она имѣетъ только одинъ атомъ водорода, способный замѣщаться металлами, то и носитъ потому названіе *одноосновной* кислоты. Она образуетъ большое количество солей, общее свойство которыхъ—ихъ легкая растворимость въ водѣ. Заключая въ своей частицѣ три атома кислорода, азотная кислота легко отдаетъ часть его, т.-е. она въ подходящихъ

условіяхъ является *окислителемъ*, и этою способностью ея пользуются очень часто для разныхъ цѣлей. Благодаря этому азотная кислота чрезвычайно разрушительно дѣйствуетъ на ткани, кожу, шерсть и многія органическія вещества, и нужно быть очень осторожнымъ въ обращеніи съ нею. Попавши на кожу она разрушаетъ ее, оставляя желтыя пятна; сукно, холстъ и т. п. быстро разрушаются ею, и на облитомъ мѣстѣ вскорѣ образуются дыры.

Съ основаніями она, подобно другимъ кислотамъ, даетъ соли съ выдѣленіемъ частицы воды:

$$NaOH + HNO_3 = H_2O + NaNO_3$$

ѣдкій натръ — азотн. кисл. — вода — азотнокислый натръ.

Съ металлами же азотная кислота реагируетъ особеннымъ образомъ. Она прежде всего окисляетъ металлъ, даетъ его окись, а сама при этомъ *раскисляется*, т.-е. образуются низшіе окислы азота, имѣющіе въ своей частицѣ меньше кислорода. Чаще всего при этомъ образуется двуокись (NO_2) — газъ, краснобураго цвѣта, тяжелаго запаха и ядовитый. Само собою понятно, что въ присутствіи избытка азотной кислоты окись металла сейчасъ же вступаетъ съ нею въ реакцію и даетъ азотнокислую соль:

$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O.$$

окись мѣди — 2 частицы азотн. кисл. — азотнокислая мѣдь — частица воды.

Азотная кислота окисляетъ почти всѣ металлы, и они растворяются въ ней; исключеніе составляютъ золото и платина, на которыя она не дѣйствуетъ; но въ такъ наз. царской водкѣ, представляющей смѣсь азотной (1 ч.) и соляной кислотъ (3 ч.), и эти металлы легко растворяются.

Не только сама азотная кислота является окислителемъ, но и соли ея при накаливаніи отдаютъ свой кислородъ, а слѣдовательно дѣйствуютъ какъ окислители. Если въ пробиркѣ (изъ тугоплавкаго стекла) расплавить селитру и бросить въ нее кусочекъ сѣры, то эта послѣдняя будетъ горѣть яркимъ пламенемъ.

Азотная кислота имѣетъ большія техническія примѣненія: при фабрикаціи сѣрной кислоты, динамита, бездымнаго пороха, такъ называемыхъ анилиновыхъ красокъ и т. д.

Углеродъ [1]). Углекислота.

Углеродъ является однимъ изъ самыхъ распространенныхъ въ природѣ элементовъ. Онъ—неизмѣнная составная часть каждаго растительнаго и животнаго организма; онъ входитъ въ составъ очень многихъ минераловъ, образующихъ горныя породы; въ видѣ углекислаго газа всегда находится въ воздухѣ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ углеродъ не въ свободномъ состояніи, а связанъ съ различными элементами, образуя громадное количество разнообразныхъ углеродистыхъ соединеній. Свободнымъ мы знаемъ углеродъ въ трехъ различныхъ формахъ.

Почти совершенно чистый **углеродъ** въ правильныхъ кристаллахъ, съ сильнымъ блескомъ и лучепреломляемостью, обладающій исключительною твердостью, называется *алмазомъ*. Алмазы встрѣчаются у насъ очень рѣдко (на Уралѣ); особенно много ихъ въ Бразиліи, Южной Африкѣ и на островѣ Цейлонѣ. Обыкновенно алмазы находятся въ наносномъ пескѣ—«алмазныхъ розсыпяхъ». Оттуда они добываются промываніемъ, которымъ достигается удаленіе песка и другихъ примѣсей. Цвѣтъ алмаза бываетъ различенъ: бразильскій имѣетъ голубоватый оттѣнокъ, капскій—желтоватый. Самыми дорогими считаются совершенно безцвѣтные—«чистой воды». Отшлифованные алмазы извѣстны подъ названіемъ *брилліантовъ*.

Вторая разновидность углерода—менѣе плотна, съ металлическимъ блескомъ, мягкая, непрозрачная, темно-сѣраго цвѣта, жирная наощупь, носитъ названіе *графита* и встрѣчается у насъ въ Сибири и въ Алтайскихъ горахъ, а также въ Калифорніи и на Цейлонѣ. Химически чистый графитъ получаютъ, обрабатывая его азотною кислотою, хлоромъ и промывая водою. Онъ идетъ на приготовленіе карандашей, тиглей и т. п.

Третья разновидность углерода—*аморфный уголь*, къ которому относятся всѣ многочисленные виды его: каменный, бурый и древесный угли, торфъ, сажа, коксъ и т. д. *Древесный уголь* получаютъ обжиганіемъ дерева при недостаточномъ доступѣ воздуха. *Торфъ* является продуктомъ разложенія водяныхъ растеній, которыя, опускаясь на дно болотъ, отмираютъ, темнѣютъ—«обугливаются» и, постепенно уплотняясь, образуютъ въ большихъ массахъ такъ называемые *торфяники*.

Бурые угли произошли подобно торфу изъ травянистыхъ растеній, *каменные* же—отъ дѣйствія высокой температуры на раз-

---

[1]) Химическій знакъ углерода *C*, но сколько атомовъ въ его частицѣ мы не знаемъ.

личныя древовидныя растенія въ отдаленныя времена. Къ каменнымъ углямъ принадлежитъ и *антрацитъ*, въ которомъ содержаніе углерода очень значительно [1]). Въ каменныхъ угляхъ всегда присутствуютъ, кромѣ углерода, и другія вещества въ небольшомъ количествѣ, отчасти съ нимъ еще связанныя, какъ водородъ, кислородъ, азотъ, сѣра; главнымъ же образомъ—въ видѣ примѣсей, каковы колчеданы, землистыя породы и т. п. При накаливаніи каменныхъ углей безъ доступа воздуха въ особыхъ ретортахъ образуются и выдѣляются свѣтильный газъ и многіе другіе летучіе продукты *сухой перегонки* (см. амміакъ). Твердый остатокъ послѣ такой перегонки составляетъ *коксъ*. Самымъ чистымъ видомъ аморфнаго угля надо считать *сажу*, которая получается сжиганіемъ при слабомъ притокѣ воздуха различныхъ углеродистыхъ соединеній.

Алмазъ горитъ только въ кислородѣ, и то съ трудомъ; графитъ—тоже въ кислородѣ, но уже легче, уголь же прекрасно сгораетъ и въ воздухѣ, при чемъ оказывается, что всѣ они образуютъ *углекислый газъ* или, правильнѣе, **угольный ангидридъ.** Въ обыденной жизни соединеніе это называютъ, хотя и неправильно, углекислотою. Это соединеніе въ природѣ чрезвычайно распространено: находится въ воздухѣ (4 об. на 10.000 об. воздуха), въ большомъ количествѣ выдѣляется изъ трещинъ земли въ немногихъ мѣстностяхъ («Собачья пещера» близъ Неаполя), содержится во всякой природной водѣ и особенно въ нѣкоторыхъ минеральныхъ водахъ (Нарзанъ), изъ которыхъ уходитъ съ шипѣніемъ. Въ связанномъ состояніи угольный ангидридъ образуетъ разнообразныя углекислыя соли, какъ въ природѣ (мѣлъ, мраморъ, известняки), такъ и искусственно приготовляемыя (сода, поташъ и т. д.) Изъ этихъ солей его легко можно получить дѣйствіемъ на нихъ сильныхъ кислотъ.

Обыкновенно для этого пользуются мраморомъ, помѣщая его въ подходящій сосудъ (см. рис.10), въ который затѣмъ приливаютъ разведенной соляной кислоты. Выдѣляющійся газъ можно собирать надъ водою, какъ, напр., кислородъ, или просто въ сосудъ, наполненный воздухомъ: тяжелый углекислый газъ падаетъ на дно сосуда, вытѣсняя оттуда воздухъ.

Въ лабораторіяхъ, гдѣ позволяютъ это средства, пользуются такъ наз. приборомъ Киппа (рис. 30). Въ средній шаръ кладутъ мраморъ, а черезъ воронку приливаютъ кислоту; если верхній кранъ открыть, кислота падаетъ въ нижній шаръ и постепенно

[1]) Содержаніе углерода во всѣхъ этихъ веществахъ крайне различно: въ древесномъ углѣ содержится до 95%, въ антрацитѣ—отъ 90 до 94%, въ каменныхъ угляхъ—отъ 75 до 88%, въ бурыхъ же угляхъ и торфѣ—отъ 60 до 70%.

доходитъ до мрамора въ среднемъ шарѣ. Если затѣмъ закрыть этотъ кранъ, то газъ своимъ давленіемъ изгоняетъ кислоту изъ средняго шара, и новаго образованія углекислаго газа не будетъ. При дѣйствіи кислоты на углекислую соль должно бы получиться соединеніе H_2CO_3; это и была бы угольная кислота, или углекислота, но она такъ не прочна, что, едва образовавшись, распадается на H_2O (воду) и CO_2 (угольный ангидридъ):

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + [H_2CO_3]$$
$$\downarrow$$
$$H_2O + CO_2.$$

Угольный ангидридъ, или *углекислый газъ*—газъ безцвѣтный съ слабо-кислымъ вкусомъ, приблизительно въ полтора раза тяжелѣе воздуха. Благодаря этому легко показать, что онъ скопляется въ нижней части сосудовъ, и его можно переливать изъ сосуда въ сосудъ. Наполняя стаканъ углекислымъ газомъ и осторожно переворачивая надъ другимъ, можно доказать, что углекислый газъ уже въ послѣднемъ, такъ какъ горящая лучинка, опущенная въ него, тухнетъ. Угольный ангидридъ раньше другихъ газовъ полученъ въ жидкомъ и твердомъ состояніи. Жидкимъ его получаютъ изъ газа давленіемъ (36 атмосферъ при 0°); въ этомъ видѣ онъ является безцвѣтною жидкостью легче воды. При переливаніи жидкаго угольнаго ангидрида, вслѣдствіе сильнаго испаренія, температура его настолько понижается, что часть его затвердѣваетъ въ бѣлую снѣгообразную массу: въ такомъ видѣ его безопасно можно держать въ рукѣ, такъ какъ испаряющійся при этомъ угольный ангидридъ мѣшаетъ соприкосновенію кожи съ твердымъ, очень холоднымъ тѣломъ (пониженіе температуры здѣсь достигаетъ 80° ниже 0°); но при сжатіи въ рукѣ ощущается сильнѣйшая боль, какъ отъ обжоговъ.

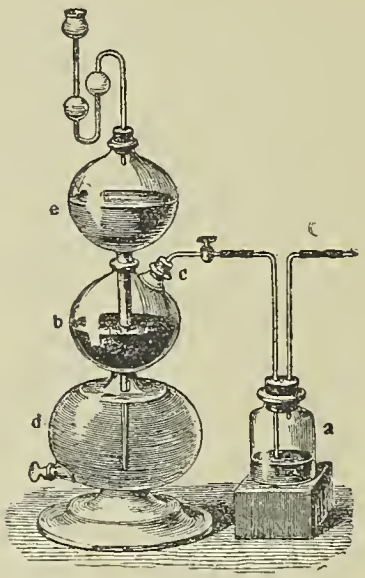


Рис. 30. Аппаратъ Киппа для полученія водорода.

Углекислый газъ довольно хорошо растворяется въ водѣ: при обыкновенной температурѣ въ одномъ объемѣ воды растворяется около одного объема газа. Присутствіе его въ водѣ сообщаетъ послѣдней освѣжающій вкусъ.

Угольный ангидридъ—газъ негорючій и не поддерживающій горѣнія. Являясь продуктомъ жизненныхъ процессовъ въ организмѣ, онъ не можетъ служить для дыханія, и всякое животное существо, попавъ въ атмосферу углекислаго газа, умираетъ отъ недостатка нужнаго для дыханія кислорода. Поэтому воздухъ, въ которомъ находится избытокъ этого газа и вреденъ, и удушливъ, что́ обыкновенно замѣчается въ мѣстахъ большого скопленія людей: въ церквахъ, театрахъ и т. д.

Легко можно найти количественный составъ CO_2. Для этого достаточно опредѣленное количество химически чистаго угля сжечь въ атмосферѣ кислорода и взвѣсить получившійся углекислый газъ, поглотивъ его какимъ-нибудь тѣломъ, способнымъ легко съ нимъ соединяться, напримѣръ известью.

CO_2, какъ ангидридъ, обладаетъ кислыми свойствами, хотя не образуетъ прочной кислоты. Но эти кислыя свойства легко доказать дѣйствіемъ его раствора въ водѣ на лакмусъ. Кромѣ того, хотя кислота по непрочности ея и не получена до сихъ поръ, но мы знаемъ цѣлый рядъ прочныхъ солей, что̀ убѣждаетъ насъ въ ея существованіи. Угольная кислота среди другихъ кислотъ принадлежитъ къ числу слабѣйшихъ: ее вытѣсняютъ почти всѣ онѣ, при чемъ реакція сопровождается всегда выдѣленіемъ CO_2 съ шипѣніемъ.

Кромѣ углекислаго газа углеродъ съ кислородомъ образуетъ другое, но болѣе рѣдкое соединеніе, тоже газообразное, такъ называемую **окись углерода.** Въ составѣ ея кислорода ровно вдвое меньше, чѣмъ въ углекисломъ газѣ; поэтому формула ея CO. Образуется этотъ газъ также при горѣніи угля, въ тѣхъ случаяхъ, когда послѣдній горитъ при маломъ притокѣ воздуха, а слѣдовательно, и кислорода. Не слѣдуетъ, однако, думать, что въ этомъ случаѣ образуется окись углерода вслѣдствіе неполноты соединенія углерода съ кислородомъ, т.-е. какъ будто бы происходитъ реакція: $C+O=CO$. И при недостаточномъ притокѣ кислорода все-таки образуется углекислый газъ—CO_2; но этотъ газъ, встрѣчая большое количество накаленнаго угля, а, слѣд., углерода, теряетъ половину кислорода, значитъ происходитъ такая реакція: $CO_2+C=2CO$. Въ отличіе отъ CO_2, окись углерода способна горѣть, переходя при этомъ въ угольный ангидридъ. Блѣдно-голубые огоньки, перебѣгающіе въ печахъ по накаленному углю, есть не что иное, какъ пламя горящей окиси углерода. Газъ этотъ очень ядовитъ, почему, попадая въ воздухъ жилыхъ помѣщеній при неправильной топкѣ печей, вызываетъ отравленіе, которое сопровождается головными болями (угаръ) и иногда заканчивается смертью.

При сгораніи углерода выдѣляется огромное количество тепла. Поэтому онъ въ видѣ каменнаго угля, древеснаго угля, а также въ видѣ болѣе сложныхъ соединеній, способныхъ горѣть (дерева, нефти), служитъ главнымъ источникомъ полученія теплоты. Этою теплотою человѣкъ пользуется для согрѣванія жилищъ, приготовленія пищи, а еще больше для промышленныхъ цѣлей, гдѣ это тепло, превращая воду въ паръ, приводитъ въ движеніе разнообразныя машины безчисленныхъ фабрикъ, поѣздовъ и т. п.

Горѣніе и пламя.

Для полученія теплоты и свѣта употребляется большое количество разнообразныхъ т. наз. **горючихъ веществъ**, каковы: каменный уголь, коксъ, дрова, древесный уголь, различныя масла, воскъ, стеаринъ, нефть, керосинъ, спиртъ, свѣтильный газъ. Если нагрѣвать горючія вещества при доступѣ воздуха, то они сгораютъ, выдѣляя теплоту. Часть этой теплоты разсѣевается вокругъ, другая же расходуется на нагрѣваніе частицъ горючаго вещества, прилегающихъ къ горящимъ частицамъ. Вслѣдствіе этого зажженное горючее вещество продолжаетъ горѣть, если, конечно, этому не мѣшаютъ неблагопріятныя условія, какъ, напр., заливаніе водою, отнимающею большое количество выдѣляемой теплоты и прекращающею доступъ воздуха и т. п.

При нагрѣваніи горючихъ веществъ безъ доступа воздуха они, какъ говорятъ, «обугливаются», а это ясно показываетъ, что эти вещества содержатъ углеродъ. Кромѣ углерода въ составъ горючихъ веществъ входитъ водородъ, а многія изъ горючихъ веществъ содержатъ также кислородъ и минеральныя вещества. Послѣднія при сгораніи горючаго вещества образуютъ нелетучій остатокъ—*золу*. Кислородъ горючихъ веществъ при сгораніи ихъ входитъ въ составъ тѣхъ веществъ, которыя получаются при горѣніи. Что же касается углерода и водорода горючихъ веществъ, то первый изъ нихъ превращается въ углекислый газъ (угольную кислоту), а второй—въ воду. Въ этомъ легко убѣдиться. Въ самомъ дѣлѣ, если опустить въ сухую склянку, наполненную сухимъ воздухомъ (или сухимъ кислородомъ) горящую свѣчу (рис. 31), то на стѣнкахъ склянки скоро появится влага, которая, понятно, можетъ образоваться только на счетъ водорода, входящаго въ составъ свѣчи. Затѣмъ, если влить въ склянку, служившую для опыта со свѣчею, известковаго молока, то тотчасъ получится осадокъ, ясно ука-

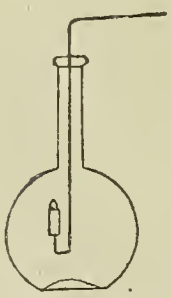


Рис. 31. Горѣніе свѣчи въ колбѣ.

зывающій на присутствіе въ склянкѣ углекислаго газа, который, само собой разумѣется, могъ образоваться только на счетъ углерода свѣчи.

Но для того, чтобы изъ углерода получился углекислый газъ, а изъ водорода — вода, необходимъ кислородъ. Слѣдовательно, наши горючія вещества могутъ горѣть только при доступѣ кислорода или же воздуха, который, какъ извѣстно, состоитъ изъ смѣси кислорода и азота. Правильность этого вывода подтверждается тѣмъ фактомъ, что при опусканіи горящей свѣчи въ сосудъ, наполненный, напр., углекислымъ газомъ или азотомъ, эта свѣча тухнетъ.

Итакъ, **сущность горѣнія** обычныхъ горючихъ веществъ *при обычныхъ условіяхъ* заключается въ томъ, что углеродъ и водородъ этихъ веществъ соединяются съ кислородомъ воздуха. Однако, въ большинствѣ случаевъ горючія вещества не превращаются въ углекислый газъ и въ воду непосредственно, а подъ вліяніемъ теплоты подвергаются ряду измѣненій раньше, чѣмъ соединяются съ кислородомъ. Въ этомъ легко убѣдиться, наблюдая, напр., горѣніе каменнаго угля, особенно курного, или дровъ. При зажиганіи послѣднихъ сначала появляется свѣтящееся пламя. Затѣмъ пламя исчезаетъ и остается свѣтящаяся, но не дающая пламени масса, которая состоитъ изъ накаленнаго углерода, смѣшаннаго съ золою. Наконецъ, нерѣдко удается наблюдать появленіе слабо-свѣтящаго пламени синевато-голубого цвѣта. Это—пламя горящей окиси углерода, *CO*, которая образуется на счетъ углерода дерева. Не подлежитъ, слѣдовательно, сомнѣнію, что 1) по крайней мѣрѣ часть горящаго дерева подвергается ряду измѣненій, освобождающихъ углеродъ, смѣшанный съ золою, что 2) пламя синевато-голубого цвѣта, часто наблюдаемое въ концѣ горѣнія, появляется потому, что горитъ газообразное вещество—окись углерода, что, наконецъ, 3) углеродъ, который отличается нелетучестью (т.-е. неспособностью переходитъ въ газообразное состояніе), можетъ свѣтиться, но не можетъ давать пламени.

Но извѣстно, что и другія нелетучія вещества (напр., желѣзо), будучи накаленными, лишь свѣтятся, а не даютъ пламени. Съ другой стороны извѣстно, что пламя появляется не только при горѣніи окиси углерода, но и при горѣніи другихъ газообразныхъ веществъ, напр., при горѣніи водорода, паровъ спирта и т. под. Слѣдовательно, мы имѣемъ право думать, что то **пламя**, которое появляется при горѣніи дровъ, свѣчи, керосина и прочее, обязано своимъ происхожденіемъ газообразнымъ или парообразнымъ веществамъ. Придя къ такому заключенію, мы, есте-

ственно, должны задаться двумя вопросами: 1) могутъ ли на счетъ дровъ, свѣчи и тому подобныхъ матеріаловъ получаться какія-либо газообразныя (или парообразныя) вещества, кромѣ окиси углерода? и 2) если образованіе летучихъ веществъ возможно и если пламя появляется именно благодаря ихъ образованію, то почему эти вещества, въ отличіе отъ окиси углерода, сгораютъ ярко-свѣтящимся пламенемъ?

Для рѣшенія этихъ вопросовъ проще всего присмотрѣться къ пламени свѣчи и познакомиться съ его свойствами (рис. 32). Оно состоитъ изъ трехъ частей: внутренней — темной, средней — сильно свѣтящей и наружной полоски — слабо свѣтящей. Эти части пламени отличаются не только по способности свѣтить, но и по температурѣ. Именно, наиболѣе высокою температурою обладаетъ наружная часть пламени, нѣсколько болѣе низкою — средняя и сравнительно очень низкою—внутренняя. Въ этомъ легко убѣдиться, если ввести въ пламя свѣчи спичку такимъ образомъ, чтобы средняя часть этой спички находилась во внутренней, темной части пламени: сначала обуглятся и загорятся тѣ части спички, которыя находятся въ соприкосновеніи со средней и внѣшней частями пламени, и только послѣ этого загорится средняя часть спички. Но внутренняя, темная, часть пламени отличается еще одною особенностью: если въ пламя свѣчи помѣстить колѣно согнутой стеклянной трубки такимъ образомъ, чтобы конецъ этого колѣна находился надъ фитилемъ во внутренней части пламени, то по трубкѣ будутъ опускаться внизъ тяжелые бѣлые пары, которые могутъ быть зажжены. Образованіе этихъ газообразныхъ веществъ происходитъ при посредствѣ фитиля, для приготовленія котораго всегда служатъ растительныя волокна, состоящія изъ тонкихъ, невидимыхъ простымъ глазомъ, трубочекъ. Такія трубочки обладаютъ способностью всасывать въ себя расплавленные стеаринъ и воскъ, а также жидкія горючія вещества (масла, керосинъ и пр.), облегчая образованіе газообразныхъ веществъ. Благодаря тому, что горючія вещества распредѣляются по трубочкамъ фитиля очень тонкими слоями, ихъ измѣненія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и образованіе на ихъ счетъ газообразныхъ веществъ, начинаются уже при слабомъ нагрѣваніи, напр. при соприкосновеніи съ пламенемъ спички. Итакъ, свѣча, керосинъ и тому подобныя горючія вещества сначала даютъ газообразныя вещества, которыя затѣмъ уже сгораютъ, образуя пламя.

Рис. 32. Строеніе пламени.

Газообразныя вещества получаются также при нагрѣваніи каменнаго угля и дровъ. Въ самомъ дѣлѣ, при нагрѣваніи, напр., каменнаго угля получаются: 1) коксъ, т.-е. углеродъ, смѣшанный съ небольшимъ количествомъ другихъ веществъ; 2) пары, которые, будучи охлаждены и собраны, образуютъ каменоугольную смолу и газовую воду; 3) горючій свѣтильный газъ, примѣняемый во многихъ большихъ городахъ для освѣщенія, а частью и для нагрѣванія. Такимъ образомъ, то пламя, которое получается при зажиганіи каменнаго угля и дровъ, мы также можемъ объяснить горѣніемъ газообразныхъ веществъ. Иными словами, мы убѣждаемся, что если какое-либо горючее вещество даетъ пламя, это *пламя обусловлено образованіемъ газообразныхъ веществъ. Это—отвѣтъ на первый изъ намѣченныхъ нами вопросовъ.* Теперь перейдемъ ко второму вопросу: почему газообразныя вещества, которыя образуются на счетъ дровъ, керосина и прочее, даютъ свѣтящее пламя? Выше отмѣчено, что пламя горящей окиси углерода свѣтитъ слабо. Подобно ему слабо свѣтитъ и пламя водорода, а также многихъ другихъ газообразныхъ веществъ. Напротивъ, многія твердыя вещества, напримѣръ углеродъ (ср. выше), будучи нагрѣты до высокой температуры, сильно свѣтятся. Это приводитъ къ предположенію, что пламя даетъ свѣтъ въ тѣхъ случаяхъ, когда въ этомъ пламени есть накаленныя частички какого-либо твердаго вещества. Правильность такого предположенія легко провѣритъ, вводя въ пламя свѣчи какой-либо холодный предметъ, напр. ножъ; этотъ предметъ тотчасъ покрывается слоемъ сажи, т.-е. почти чистаго углерода; слѣдовательно, въ пламени свѣчи есть частички углерода. Подобныя же частички содержитъ пламя другихъ горючихъ матеріаловъ, дающихъ свѣтящее пламя. Появленіе этихъ частичекъ объяснить не трудно. При горѣніи, напр. свѣчи, газообразныя вещества, которыя находятся во внутренней, темной части пламени, удаляясь отъ фитиля, приходятъ въ соприкосновеніе съ кислородомъ воздуха и сгораютъ, при чемъ выдѣляется такое количество теплоты, что часть горящихъ газообразныхъ веществъ разлагается, образуя частички углерода. Эти-то частички, накаливаясь, и придаютъ яркость средней части пламени свѣчи. Судьбу частичекъ углерода, благодаря которымъ пламя даетъ свѣтъ, также можно прослѣдить. При недостаточномъ притокѣ воздуха эти частички образуютъ сажу, копоть. Если же притокъ воздуха достаточно великъ, то частички углерода сгораютъ полностью. Въ пламени свѣчи горѣніе этихъ частичекъ заканчивается во внѣшней, мало свѣтящей, части этого пламени.

Итакъ, *пламя свѣтится въ томъ случаѣ, когда содержитъ накаленныя частички твердыхъ веществъ.* Если горючее вещество даетъ пламя, то это вещество раньше, чѣмъ соединяется съ кислородомъ воздуха, даетъ газообразныя горючія вещества. Принимая во вниманіе второй выводъ, можно сдѣлать слѣдующее заключеніе: притокъ газообразнаго вещества во многихъ случаяхъ слѣдуетъ регулировать такимъ образомъ, чтобы горѣніе происходило спокойно. Напримѣръ, фитиль свѣчи долженъ соотвѣтствовать толщинѣ этой свѣчи и свойствамъ матеріала, изъ котораго приготовлена свѣча.

Въ свѣчѣ горючій газъ образуется, слѣдовательно, какъ продуктъ разложенія того матеріала, изъ котораго сдѣлана свѣча, напр. стеарина, и тутъ же сгораетъ. Если для полученія пламени пользуются готовымъ горючимъ газомъ, напр. свѣтильнымъ газомъ, приготовляемымъ на газовыхъ заводахъ, его проводятъ въ горѣлку и зажигаютъ у отверстія этой горѣлки. Та часть газа, которая вышла наружу, смѣшивается съ воздухомъ и загорается отъ соприкосновенія съ горящею спичкою. Въ такомъ пламени наблюдаются тѣ же явленія, какъ въ пламени свѣчи: полное горѣніе происходитъ только по краямъ пламени, т.-е. тамъ, гдѣ оно соприкасается съ воздухомъ — это несвѣтящая полоса пламени; за этою полосою находится свѣтящая часть, въ которой частички углерода (сажа) не вполнѣ еще сгорѣли и сильно накалены и, наконецъ, внутри пламени, у выхода газа изъ горѣлки, куда воздухъ не имѣетъ доступа, наблюдается темная часть не сгорѣвшаго и не разложившагося газа. Сгораніе газа, такимъ образомъ, происходитъ постепенно.

Если же горючій газъ смѣшать съ достаточнымъ количествомъ воздуха и наполнить такою смѣсью какой-нибудь сосудъ, то при зажиганіи горѣніе начнется не только у отверстія сосуда; напротивъ, газъ вспыхнетъ во всей своей массѣ, такъ какъ въ такой газовой смѣси уже находится воздухъ, необходимый для горѣнія. При этомъ горѣніе происходитъ очень быстро, почти мгновенно. Но при горѣніи развивается очень много теплоты, а газы при нагрѣваніи сильно увеличиваются въ объемѣ (расширяются). Вслѣдствіе этого газообразные продукты горѣнія не могутъ помѣститься въ томъ пространствѣ, которое занимала смѣсь газовъ; они съ силою выбрасываются изъ сосуда, если же сосудъ недостаточно крѣпокъ—разрываютъ его. Подобнаго рода явленія часто происходятъ въ угольныхъ рудникахъ и служатъ причиною крупныхъ несчастій. Въ рудникахъ, если они недостаточно провѣтриваются, скопляется горючій, такъ называемый **рудничный газъ.** Газъ этотъ, смѣшиваясь съ воздухомъ, даетъ взрывча-

тую смѣсь. Такая смѣсь взрывается весьма легко, если въ нее внести какой-нибудь зажженный предметъ, напр. лампу.

Для предохраненія отъ взрывовъ, рудокопы употребляютъ теперь лампы особаго устройства, такъ называемыя лампы Дэви (рис. 33—34). Въ этихъ лампахъ пламя окружено мѣдною сѣткою. Если такую лампу внести въ взрывчатую смѣсь рудничнаго газа съ воздухомъ, смѣсь эта проникаетъ сквозь сѣтку въ лампу и при соприкосновеніи съ пламенемъ взрываетъ. Но окружающая лампу сѣтка, вбирая въ себя теплоту, настолько охлаждаетъ пламя взорвавшагося въ лампѣ газа, что взрывъ дальше не распространяется, и находящійся внѣ лампы газъ, отдѣленный отъ лампы сѣткою, не загорается.

Рис. 33.

Рис 34.

Лампа Дэви.

Поваренная соль—NaCl. Соляная кислота.

Поваренная соль, въ общежитіи называемая просто «солью», а въ химіи—**хлористымъ натріемъ**, представляетъ собою химическое соединеніе металла натрія (*Na*) съ металлоидомъ хлоромъ (*Cl*), что̀ выражается формулою *NaCl*. Какъ самая распространенная натріевая соль, поваренная соль встрѣчается въ природѣ въ громадномъ количествѣ въ твердомъ состояніи въ видѣ *каменной соли* и въ растворѣ—въ моряхъ, океанахъ и соляныхъ источникахъ; въ небольшомъ количествѣ находится во всякой водѣ. Главнѣйшія залежи твердой каменной соли извѣстны у насъ, въ Россіи, въ Оренбургской губ., близъ Илецкой Защиты, и въ Екатеринославской губ., около Бахмута; въ Западной Европѣ, въ Германіи—возлѣ Магдебурга и въ Стассфуртѣ, въ Австріи—въ Величкахъ. Каменная соль скрыта глубоко въ нѣдрахъ земли, и залегаетъ она пластами, которые раздѣлены между собою прослоями глины и гипса. Добыча каменной соли производится различными подземными работами; извлеченная, она размалывается, при этомъ отдѣляется отъ механическихъ примѣсей—глины, гипса и проч. и въ измельченномъ видѣ идетъ въ дѣло. Каменная соль отличается своею чистотою и обыкновенно безцвѣтна; но иногда она бываетъ окрашена въ красный цвѣтъ отъ

примѣси окиси желѣза, заключенной въ кристаллахъ, или въ зеленый цвѣтъ отъ присутствія мѣдныхъ соединеній; кромѣ того, въ кристаллахъ каменной соли можно наблюдать поры, заключающія въ себѣ газы: углекислый газъ, водородъ.

Въ моряхъ и океанахъ поваренной соли содержится около $2^1/_2\%$. Но морская вода заключаетъ въ своемъ растворѣ, кромѣ хлористаго натрія, также соли: хлористые—калій, кальцій, магній; сѣрнокислые—калій, кальцій, магній, и другія соли, обладающія всѣ различною растворимостью. Если мы подвергнемъ морскую воду сгущенію, то всѣ соли будутъ выкристаллизовываться въ опредѣленномъ порядкѣ. Возьмемъ для примѣра хлористый натрій и хлористый магній, значительно отличающіеся по растворимости [1]). Если приготовимъ смѣсь изъ равнаго количества хлористаго натрія и хлористаго магнія, растворимъ ее въ водѣ и начнемъ подвергать растворъ выпариванію, то по мѣрѣ испаренія воды будетъ сначала выдѣляться только та соль, которая уже достигла предѣла своего насыщенія—въ данномъ случаѣ хлористый натрій; и все время, пока будутъ выпадать кристаллы хлористаго натрія, хлористый магній будетъ держаться въ растворѣ. Такимъ образомъ можно почти на-цѣло раздѣлить эти двѣ соли. Основываясь на различной растворимости солей, заключающихся въ морской водѣ, и подвергаютъ ее медленному испаренію. Въ самомъ началѣ испаренія выдѣляется *гипсъ*, или сѣрнокальціевая соль ($CaSO.2H_2O$), какъ наименѣе растворимая соль; затѣмъ выпадаетъ около половины всего количества поваренной соли; далѣе по растворимости слѣдуетъ сѣрномагніевая соль ($MgSO_4.7H_2O$), или *горькая соль*, и, наконецъ, выдѣляются хлористыя соли калія и магнія, образуя особую «двойную» соль, называемую въ минералогіи *карналлитомъ*. Обыкновенно утилизируютъ первую половину выдѣлившейся поваренной соли, такъ какъ вторая отъ примѣси магнезіальныхъ солей обладаетъ горькимъ вкусомъ.

Добываніе поваренной соли изъ морской воды производится посредствомъ *испаренія*, *вымораживанія и вываркн*. Жители южныхъ прибрежныхъ странъ пользуются для испаренія солнечною теплотою; такъ, на берегахъ Атлантическаго океана и Средиземнаго моря и у насъ вдоль береговъ Азовскаго и Чернаго морей устраиваются испарительные, сообщающіеся между собою бас-

---

[1]) Въ 100 частяхъ воды при комнатной температурѣ хлористаго натрія растворяется 36 частей, а при температурѣ кипѣнія воды — 39 частей, тогда какъ хлористый магній весьма легко растворимъ въ водѣ: въ 100 частяхъ воды комнатной температуры 130 частей, въ горячей—367 вѣсовыхъ частей.

сейны, дно которыхъ покрывается какимъ-нибудь непроницаемымъ для воды слоемъ. Морская вода направляется въ одни изъ бассейновъ; по мѣрѣ сгущенія ее переводятъ въ слѣдующіе бассейны; какъ только содержаніе соли достигнетъ 28%, на поверхности начинаютъ появляться кристаллы, которые постепенно падаютъ на дно. Кристаллизація идетъ здѣсь въ указанномъ выше порядкѣ по степенямъ растворимости солей.

Нѣмецкій ученый Бишофъ, при изслѣдованіи пластовъ стассфуртской каменной соли, нашелъ, что послѣдняя образовалась точно такимъ же путемъ, какъ и при искусственномъ полученіи поваренной соли изъ морской воды. Онъ полагаетъ, что часть моря отдѣлилась вслѣдствіе поднятія земли, вызваннаго геологическими процессами, и предоставленная самой себѣ по мѣрѣ испаренія въ ней воды высыхала; при такомъ испареніи, естественно, и растворенныя въ ней соли выкристаллизовывались въ опредѣленномъ порядкѣ по степенямъ ихъ растворимости. Дѣйствительно, спутниками каменной соли въ Стассфуртѣ въ нижнихъ слояхъ являются гипсъ, а въ верхнихъ—карналлитъ.

Во многихъ мѣстахъ встрѣчаются соляныя озера. Подобныя озера, лишенныя притока прѣсной воды и въ которыхъ лѣтомъ подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей идетъ энергичное испареніе, служатъ источникомъ такъ называемой *самосадочной* соли. Для примѣра мы можемъ указать на многочисленныя озера прикаспійскихъ степей, а также соляныя озера, лежащія по прибрежьямъ Азовскаго и Чернаго морей.

Кромѣ естественнаго испаренія для добыванія поваренной соли изъ морской воды пользуются еще *выварной* и *вымораживаніемъ* послѣдней. Выварка соли примѣняется тамъ, гдѣ позволяетъ дешевизна топлива. У насъ въ Архангельской губ. подвергаютъ морскую воду вымораживанію. Если растворъ поваренной соли охлаждать при температурѣ ниже 0°, то изъ него вода выдѣляется въ видѣ льда; повторяя подобную операцію нѣсколько разъ — сливая растворъ соли и вновь охлаждая послѣдній, значительно сгущаютъ—концентрируютъ его. Соляной разсолъ настолько при этомъ обогащается солью, что даже при самомъ незначительномъ выпариваніи можно извлечь большія количества поваренной соли.

Кромѣ нахожденія поваренной соли въ природѣ въ видѣ каменной соли и въ водѣ морей и океановъ, въ большомъ количествѣ она встрѣчается въ *соляныхъ источникахъ*, которые выступаютъ на поверхность земли самопроизвольно или помощью насосовъ, для чего устраиваютъ такъ называемыя *буровыя скважины*. Чтобы извлечь поваренную соль изъ подобнаго разсола,

его подвергаютъ часто въ цѣляхъ экономіи топлива *градированію*, или сгущенію. Градированіе производится или вымораживаніемъ, тогда это будетъ ледяное градированіе, или же испареніемъ—солнечное градированіе, градированіе въ ящикахъ и капельное. Наиболѣе примѣнимо капельное градированіе, для чего устраиваютъ длинные сараи, открытые съ боковъ и наполненные хворостомъ (рис. 35). Сарай этотъ долженъ быть построенъ перпендикулярно господствующему въ данной мѣстности вѣтру. Разсолъ накачиваютъ въ жолобъ, находящійся вверху вдоль всей градирни; изъ жолоба разсолъ медленно стекаетъ по хворосту, и, благодаря огромной поверхности испаренія и содѣйствію вѣтра, сгущеніе его идетъ быстро, такъ что достаточно его пропустить два-три раза по хворосту, чтобы повысить содержаніе соли отъ 3—4% до 15%. Подготовленный такимъ образомъ разсолъ для полученія соли выпаривается уже на большихъ сковородкахъ, такъ называемыхъ *ченахъ*.

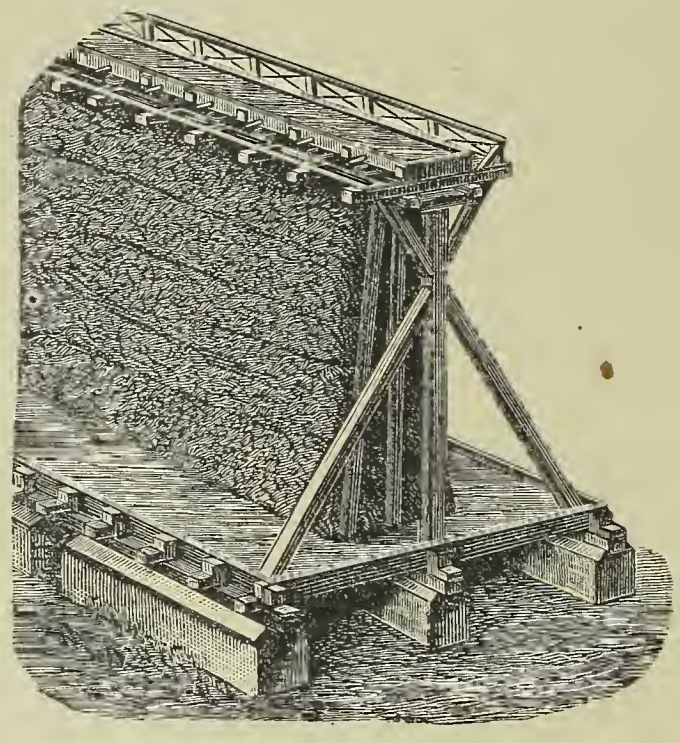


Рис. 35.

Во всемъ мірѣ въ годъ добывается соли около 610 милліоновъ пудовъ; изъ нихъ въ Россіи до 100 милліоновъ пудовъ.

Поваренная соль находитъ себѣ самыя разнообразныя примѣненія. Мужчина съѣдаетъ съ пищею въ годъ соли около 15 фунтовъ, женщина около 10 и ребенокъ около 5 фунтовъ. Животныя потребляютъ также большія количества поваренной соли. Кромѣ того, соль идетъ для различныхъ хозяйственныхъ цѣлей, какъ, напр., соленія мяса, рыбы, масла, овощей и проч. продуктовъ. Въ большомъ количествѣ поваренная соль примѣняется въ техникѣ на всевозможныхъ химическихъ заводахъ; такъ, въ производствѣ соды и глауберовой соли, на глиняныхъ и красильныхъ заводахъ и т. д.

Продажная поваренная соль не представляетъ собою чистое вещество—хлористый натрій, $NaCl$, а весьма часто содержитъ, какъ примѣси солей магнія и кальція. Если желаютъ очистить продажную поваренную соль, ее перекристаллизовываютъ; тогда примѣси остаются въ растворѣ. Поваренная соль кристаллизуется въ формѣ кубовъ. Растворимость ея въ водѣ, какъ раньше было упомянуто, мало измѣняется съ температурой. При накаливаніи соли она плавится, при высшей температурѣ улетучивается. Смѣшивая 1 часть соли съ 3 частями снѣга, получаютъ *охладительную смѣсь* съ температурою до — 21°, которая вслѣдствіе своей дешевизны находитъ примѣненіе какъ въ лабораторной, такъ домашней практикѣ.

Поваренная соль $NaCl$ совмѣщаетъ всѣ признаки солей. Она представляетъ хлористоводородную кислоту HCl, въ которой водородъ H замѣненъ металломъ натріемъ—Na; есть тѣло вполнѣ нейтральное; разлагается при дѣйствіи гальваническаго тока: на отрицательномъ полюсѣ появляется металлъ натрій, а на положительномъ—удушливый хлоръ.

При нагрѣваніи смѣси поваренной соли съ сѣрною кислотою ($H_2SO_4 + 2NaCl$), $2Na$ въ поваренной соли и $2H$ въ сѣрной кислотѣ обмѣниваются своими мѣстами, и въ результатѣ образуется сѣрнонатріевая (глауберова соль) Na_2SO_4, нелетучая, которая остается въ колбѣ A (рис. 35), а летучій газообразный **хлористый водородъ**, $2HCl$, проходя черезъ промывныя склянки B, C и D, легко растворяется въ водѣ; подобный водный растворъ носитъ названіе *соляной кислоты*. На заводахъ и въ лабораторіяхъ поль-

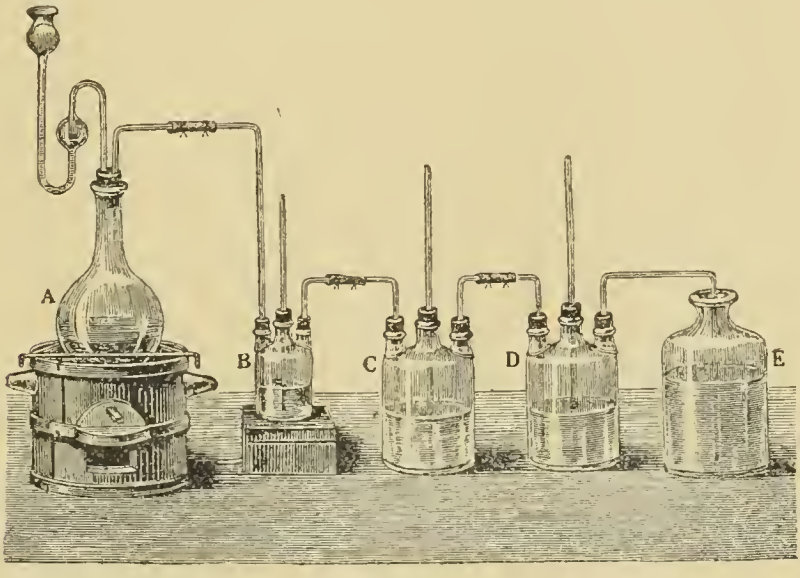


Рис. 36. Приборъ для полученія соляной кислоты.

зуются этою реакціею для одновременнаго добыванія глауберовой соли (остается въ колбѣ) и соляной кислоты.

Соляная кислота довольно энергичная кислота; большинство металловъ подвергается ея дѣйствію съ образованіемъ хлористыхъ соединеній; имѣетъ кислый вкусъ и окрашиваетъ синюю лакмусовую бумагу въ красный цвѣтъ.

Галоиды.

Хлористый водородъ представляетъ собою соединеніе довольно прочное, которое только при высокой температурѣ или при дѣйствіи электрическаго тока разлагается на свои составныя части: водородъ — *H* и **хлоръ** — *Cl*. Обыкновенно водородъ хлористоводородной кислоты отнимаютъ отъ хлора какими-нибудь тѣлами, легко отдающими свой кислородъ, какъ, напр., перекисью марганца; при этомъ кислородъ съ водородомъ хлористаго водорода образуетъ воду, а газообразный хлоръ выдѣляется въ свободномъ видѣ по уравненію: $2HCl + O = H_2O + Cl_2$. Пользуясь подобными реакціями, въ лабораторіяхъ и добываютъ хлоръ слѣдующимъ образомъ. Вмѣсто готовой соляной кислоты можно употреблять тѣ вещества, изъ которыхъ она получается, т.-е. хлористый натрій и сѣрную кислоту. Въ колбу всыпаютъ смѣсь перекиси марганца съ поваренною солью (рис 37); колбу закрываютъ пробкою съ двумя отверстіями: въ одно вставляется воронка, черезъ которую вводятъ въ колбу сѣрную кислоту, въ другое—газоотводная трубка; слабое нагрѣваніе колбы способствуетъ реакціи, и выдѣляющійся газообразный хлоръ по трубкѣ, вставленной во второе отверстіе пробки, поступаетъ сначала въ промывную склянку и оттуда — въ сосудъ для собиранія газа.

Хлоръ представляетъ собою газъ зеленовато-желтаго цвѣта, негорючій, съ весьма удушливымъ запахомъ, въ 2,5 раза тяжелѣе воздуха. Какъ водородъ, такъ и многіе металлы легко соединяются съ хлоромъ, образуя соотвѣтственныя хлористыя соединенія; такъ, натрій, олово, сурьма и другіе металлы горятъ въ хлорѣ. Самъ хлоръ на воздухѣ не горитъ, но обладаетъ способностью поддерживать горѣніе нѣкоторыхъ тѣлъ. Если въ цилиндръ, наполненный хлоромъ, ввести трубку съ зажженнымъ на воздухѣ пламенемъ водорода, то горѣніе послѣдняго продолжается и въ атмосферѣ хлора.

Хлоръ подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей способенъ легко разлагать воду съ выдѣленіемъ кислорода по уравненію: $H_2O + Cl_2 = 2HCl + O$; кислородъ этотъ въ моментъ своего выдѣленія дѣйствуетъ сильно окисляющимъ образомъ, обезцвѣчиваетъ кра-

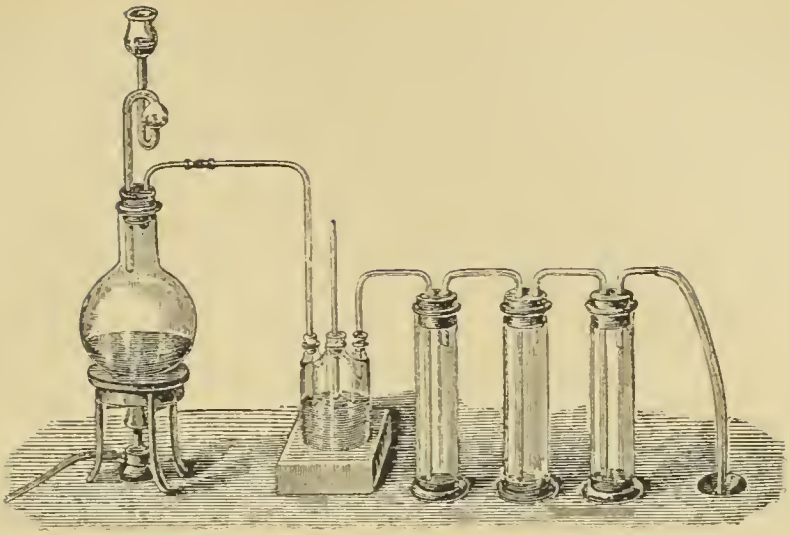


Рис. 37. Приборъ для полученія хлора.

сящія вещества тканей, и потому хлоромъ въ присутствіи воды пользуются для *бѣленія тканей*.

Хлоръ съ водородомъ реагируетъ весьма легко, образуя хлористый водородъ. Если взять равные объемы хлора и водорода и подвергнуть смѣсь дѣйствію солнечнаго свѣта, то реакція протекаетъ быстро—со взрывомъ и съ выдѣленіемъ большого количества тепла.

Изъ соединеній хлора съ кислородомъ наиболѣе интересны *кислоты хлорноватистая* и *хлорноватая*, такъ какъ соли этихъ кислотъ оказываютъ большую услугу техникѣ. Если хлоръ пропускать въ растворъ ѣдкаго натра, $NaOH$, или въ сухую гашеную известь, $Ca(OH)_2$, при обыкновенной температурѣ, то образуются $NaOCl$ или $Ca(OCl)_2$. Продуктъ первой реакціи носитъ названіе **жавелевой воды**, второй продуктъ именуется въ практикѣ **бѣлильною известью**. Бѣлильныя свойства хлорноватистой кислоты и ея солей зависятъ отъ того, что эти соединенія весьма непрочны и легко разлагаются съ выдѣленіемъ кислорода и хлора. которые и дѣйствуютъ окисляющимъ образомъ.

Если хлоръ пропускать въ растворъ щелочи при нагрѣваніи, то образуется соль *хлорноватой кислоты* —

$$6KHO + 3Cl_2 = KClO_3 + 5KCl + 3H_2O.$$

Хлорноватокаліевая соль, $KClO_3$, или **Бертолетова соль**, имѣетъ большія примѣненія: въ лабораторной практикѣ для добыванія кислорода, въ пиротехникѣ, въ медицинѣ.

Хлоръ вмѣстѣ съ *фторомъ*, *бромомъ* и *іодомъ* составляетъ одну особую характерную группу элементовъ, называемыхъ **галоидами.** Выдѣленіе этихъ четырехъ элементовъ въ самостоятельную группу объясняется сходствомъ ихъ водородныхъ и кислородныхъ соединеній; такъ, съ водородомъ они даютъ: хлористый водородъ *HCl*, фтористый водородъ *HF*, бромистый водородъ *HBr* и іодистый водородъ *HI*; съ кислородомъ, напримѣръ, хлорноватую $HClO_3$, бромноватую $HBrO_3$, іодноватую HIO_3 кислоты; для фтора соединеній съ кислородомъ не получено. Различіе свойствъ этихъ четырехъ элементовъ и ихъ соединеній находится въ связи съ атомнымъ вѣсомъ, о чемъ рѣчь впереди.

Теперь познакомимся съ другими членами семьи. **Бромъ** такъ же, какъ и хлоръ, встрѣчается въ природѣ въ морской водѣ въ видѣ *бромистаго натрія*, *NaBr*, который, однако, при выпариваніи морской воды остается въ самомъ послѣднемъ растворѣ вслѣдствіе своей большой растворимости. Изъ этого *маточнаго разсола* и выдѣляютъ бромъ, прибавляя къ нему нѣкоторое количество перекиси марганца и сѣрной кислоты и затѣмъ нагрѣвая. Условія образованія брома здѣсь тѣ же самыя, что и при добываніи хлора изъ поваренной соли.

Бромъ есть тяжелая, краснобурая жидкость, съ такимъ же удушливымъ запахомъ, какъ и хлоръ; легко летучъ (температура кипѣнія 58,7°); растворимъ въ водѣ и спиртѣ. Бромъ соединяется непосредственно съ водородомъ, а также и со многими металлами, но менѣе энергично, чѣмъ хлоръ; слѣдовательно, хлоромъ можно свободно вытѣснить бромъ изъ его соединеній. Бромъ почти не разлагаетъ воды.

Третій элементъ группы галоидовъ, **іодъ**, встрѣчается въ природѣ также въ морской водѣ, но не извлекается изъ нея непосредственно. Но существуютъ водоросли, поглощающія іодъ изъ морской воды и уже послѣ сожиганія этихъ водорослей, изъ золы извлекаютъ остающійся въ ней *іодистый натрій*, *NaI*. Іодъ изъ іодистаго натрія добываютъ тѣмъ же самымъ путемъ, какъ хлоръ и бромъ изъ хлористаго и бромистаго натрія, т.-е. обработкою перекисью марганца и сѣрною кислотою.

Іодъ — тѣло твердое, сѣро-стального цвѣта, кристаллизующееся въ пластинкахъ; пары его окрашены въ фіолетовый цвѣтъ [1]). По своимъ химическимъ свойствамъ онъ очень сходенъ съ хлоромъ и бромомъ, но менѣе энергично, чѣмъ они, вступаетъ въ соединенія съ водородомъ и металлами, а потому легко можетъ быть вытѣсненъ хлоромъ или бромомъ изъ своихъ

---

[1]) Удѣльный вѣсъ его 4,93; температура плавленія 115°; кипитъ іодъ при 183,05°.

соединеній. Въ водѣ іодъ растворяется очень незначительно, но легко въ эфирѣ, хлороформѣ и въ спиртѣ; 10% спиртовой растворъ іода *(іодная настойка)* служитъ въ медицинѣ для смазыванія при воспаленіяхъ и многихъ заболѣваніяхъ.

Послѣдній представитель описываемой группы—**фторъ**. Въ природѣ встрѣчается въ видѣ минерала *плавиковаго шпата*, по составу представляющаго фтористый кальцій, CaF_2. Минералъ этотъ примѣняется въ металлургіи для облегченія плавкости руды, отчего и получилъ свое названіе.

Фтористый кальцій, при обработкѣ его сѣрною кислотою, даетъ *фтористый водородъ* по слѣдующей реакціи: $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$. Для этого смѣсь фтористаго кальція съ сѣрною кислотою нагрѣваютъ въ свинцовыхъ ретортахъ и выдѣляющійся фтористый водородъ поглощаютъ водою въ свинцовыхъ пріемникахъ. Фтористоводородная, или *плавиковая кислота* очень ядовита и работать съ нею необходимо съ большою осторожностью; она растворяетъ всѣ металлы, за исключеніемъ золота, платины и свинца; благодаря ея разъѣдающему дѣйствію на стекло примѣняется для гравированія на стеклѣ (см. кремній).

Выдѣлить фторъ въ свободномъ видѣ удалось только недавно съ большимъ трудомъ Муассану, разлагая фтористый водородъ, HF, гальваническимъ токомъ въ платиновой дугообразной трубкѣ съ платиновыми электродами (рис. 38). При этомъ на отрицательномъ полюсѣ появлялся водородъ, а на положительномъ—газообразный, блѣдно-зеленаго цвѣта, съ весьма ѣдкимъ запахомъ, фторъ.

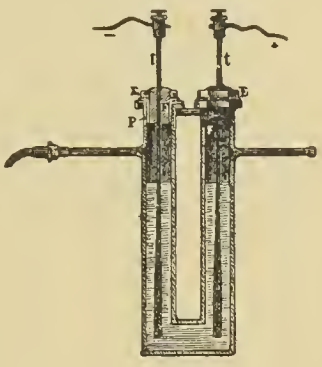


Рис. 38.

Фторъ разлагаетъ воду при обыкновенной температурѣ; съ водородомъ соединяется весьма жадно со взрывомъ, не требуя никакой энергіи извнѣ; съ металлами, кромѣ золота, платины и свинца образуетъ весьма прочныя соединенія.

Итакъ, сравнивая всѣ четыре элемента вышеприведенной группы и разсматривая ихъ атомные вѣса (стр. 142): фтора — 19, хлора — 35,46, брома — 79,92, іода — 126,92, мы заключаемъ, что физическія и химическія свойства этихъ элементовъ находятся въ тѣсной зависимости отъ ихъ атомныхъ вѣсовъ. Большое сходство водородныхъ и кислородныхъ соединеній всѣхъ четырехъ элементовъ позволяетъ выдѣлить ихъ въ одну естественную группу. Здѣсь наглядно представляется переходъ отъ газообразнаго къ твердому состоянію съ увеличе-

ніемъ атомнаго вѣса; такъ, фторъ и хлоръ въ обыкновенныхъ условіяхъ суть газы, бромъ — жидкость, а іодъ, съ наибольшимъ атомнымъ вѣсомъ, есть тѣло твердое. Такая же послѣдовательность замѣчается въ способности этихъ элементовъ къ соединеніямъ съ водородомъ и металлами: у фтора съ наименьшимъ атомнымъ вѣсомъ наблюдается наибольшее сродство къ водороду и металламъ, и это сродство понижается съ увеличеніемъ атомнаго вѣса: іодистыя соединенія отличаются своею легкою разлагаемостью. Что же касается способности вышеприведенныхъ элементовъ къ соединенію съ кислородомъ, то здѣсь замѣчается обратная послѣдовательность: наиболѣе прочныя кислородныя соединенія образуетъ іодъ, за нимъ слѣдуютъ бромъ и хлоръ а фторъ вовсе не соединяется съ кислородомъ.

Сѣра. Сѣроводородъ — H_2S.

Сѣра очень распространена въ природѣ, какъ въ свободномъ состояніи, такъ и въ соединеніяхъ. Свободная сѣра иногда образуетъ цѣлыя залежи, напр. на островѣ Сициліи (въ Италіи), въ Дагестанѣ, на Камчаткѣ. Иногда въ этихъ залежахъ находится совершенно чистая сѣра; но обыкновенно она перемѣшана съ известнякомъ, гипсомъ и т. д. Очень часто встрѣчаются въ природѣ соединенія желѣза, мѣди, цинка, свинца и другихъ металловъ съ сѣрою. Такія природныя сѣрнистыя соединенія металловъ называются *колчеданами* или *блесками*, напр. желѣзный колчеданъ, мѣдный колчеданъ, свинцовый блескъ. Очень распространены въ природѣ соли сѣрной кислоты (стр. 248) — сѣрноизвестковая соль, называемая *гипсомъ*, сѣрномагніевая соль, которая иначе называется *горькою* или англійскою *солью*, и др. Хотя и въ малыхъ количествахъ, но всегда содержится сѣра въ такъ называемыхъ *бѣлковыхъ веществахъ*, находящихся въ растеніяхъ и животныхъ.

Чистую сѣру получаютъ изъ залежей самородной сѣры или изъ колчедановъ. Отъ землистыхъ примѣсей сѣру очищаютъ выплавкою, для чего породы, въ которыхъ содержится сѣра, нагрѣваютъ въ особыхъ, просто устроенныхъ печахъ; при этомъ сѣра плавится и вытекаетъ изъ печи. Такая сѣра послѣ отвердѣванія называется *комовою*; она еще содержитъ нѣкоторыя примѣси, отъ которыхъ окончательно освобождается перегонкою. Какъ производится перегонка сѣры, поясняетъ рис. 39. *D* — чугунная реторта, въ которой нагрѣваютъ сѣру (подъ ретортою показана топка); сѣра сначала плавится, а затѣмъ, при болѣе сильномъ нагрѣваніи, обращается въ паръ, который идетъ въ камеру *A*;

здѣсь онъ сначала осѣдаетъ на стѣнкахъ въ видѣ *сѣрнаго цвѣта*, а затѣмъ, когда камера нагрѣется, сгущается въ жидкую сѣру, которая собирается на днѣ камеры и черезъ отверстіе *O* можетъ быть выпущена въ формы. Такая очищенная сѣра называется *литрованною*; если же она отлита въ палочки, то ее называютъ *черенковою* сѣрой.

Изъ желѣзнаго колчедана получаютъ сѣру накаливаніемъ въ особыхъ печахъ; при этомъ выдѣляется третья часть содержащейся въ колчеданѣ сѣры.

Сѣра—желтое, хрупкое вещество. Въ водѣ сѣра не растворима, немного растворяется въ спиртѣ, эфирѣ и въ нѣкоторыхъ маслахъ; особенно хорошо растворяется въ сѣроуглеродѣ (см. дальше) при испареніи такихъ растворовъ сѣра выдѣляется въ видѣ прозрачныхъ кристалловъ. Такіе точно кристаллы образуетъ сѣра и въ залежахъ. Сѣра плавится около 114°—120°; при дальнѣйшемъ нагрѣваніи расплавленной сѣры она бурѣетъ и начинаетъ густѣть и около 200—250° становится настолько вязкою, что не выливается изъ опрокинутаго сосуда. Выше 300° она опять становится жидкою, а около 445° закипаетъ. Если сѣру, нагрѣтую до 350°, выливать тонкою струею въ воду, то она принимаетъ видъ бурой массы, мягкой и упругой, какъ каучукъ, способной вытягиваться въ длинныя нити. Это видоизмѣненіе сѣры называется *пластическою сѣрою*. Спустя нѣкоторое время пластическая сѣра твердѣетъ и превращается въ мелкіе кристаллики обыкновенной сѣры.

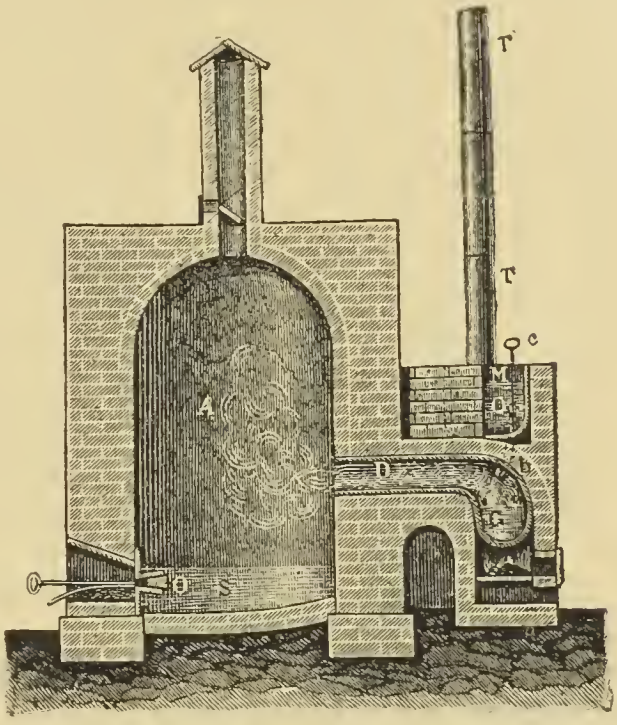


Рис. 39. Аппаратъ для перегонки сѣры.

Сѣра идетъ на приготовленіе пороха, употребляется при полученіи синьки (которая иначе называется ультрамариномъ); примѣняется какъ средство противъ чесотки; очень много сѣры идетъ для полученія сѣрной кислоты.

Сѣра образуетъ соединеніе съ водородомъ—**сѣрнистый водородъ**, иначе—*сѣроводородъ*, H_2S. Въ свободномъ состояніи онъ находится въ вулканическихъ газахъ; многія минеральныя воды содержатъ сѣроводородъ (напр., въ Пятигорскѣ, на Кавказѣ). Онъ образуется при гніеніи животныхъ остатковъ, напр. въ выгребныхъ ямахъ, въ отхожихъ мѣстахъ — вслѣдствіе разложенія бѣлковыхъ веществъ. — Въ лабораторіяхъ сѣроводородъ получаютъ дѣйствіемъ кислотъ на сѣрнистые металлы; обыкновенно берутъ сѣрнистое желѣзо и сѣрную кислоту; реакція идетъ безъ нагрѣванія (рис. 40), очень спокойно и ровно:

$$FeS + H_2SO_4 = H_2S + FeSO_4.$$

Сѣроводородъ—безцвѣтный газъ съ отвратительнымъ запахомъ тухлыхъ яицъ. Онъ хорошо растворимъ въ водѣ; такой растворъ называется сѣроводородною водою и часто употребляется вмѣсто сѣроводороднаго газа. Сѣроводородная вода обладаетъ свойствами слабой кислоты: окрашиваетъ синюю лакмусовую бумажку въ красный цвѣтъ, со щелочами даетъ соли—*сѣрнистый натрій, сѣрнистый калій* и т. д. Зажженный сѣроводородъ горитъ голубымъ пламенемъ. Сѣроводородъ очень ядовитъ: даже малое содержаніе его въ воздухѣ очень вредно для животныхъ.

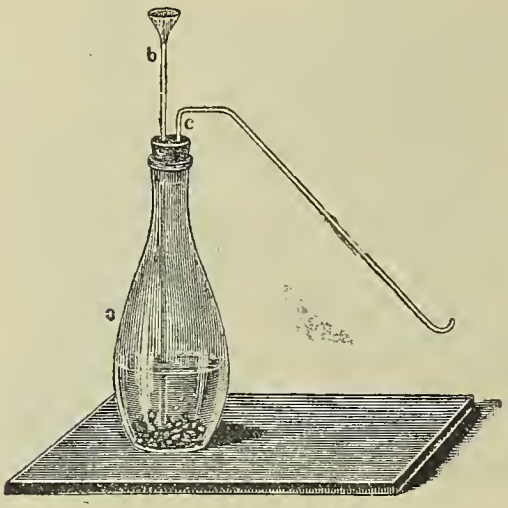


Рис. 40. Полученіе сѣроводорода.

Сѣрнистые металлы образуются также при пропусканіи сѣроводорода въ растворы различныхъ солей. Одни сѣрнистые металлы не растворимы въ водѣ, другіе не растворимы и въ слабыхъ кислотахъ; притомъ они бываютъ различныхъ цвѣтовъ. Этими свойствами пользуются въ химіи для распознаванія металловъ и для отдѣленія ихъ другъ отъ друга.

Сѣра соединяется также съ другими элементами. Такъ, при растираніи ртути съ влажнымъ сѣрнымъ цвѣтомъ, образуется соединеніе ртути съ сѣрою—*сѣрнистая ртуть;* влажная смѣсь сѣры и желѣза раскаляется сама собою, при чемъ образуется *сѣрнистое желѣзо*. При пропусканіи паровъ сѣры надъ раскаленнымъ углемъ образуется соединеніе сѣры съ углеродомъ, *сѣрнистый углеродъ*, или **сѣроуглеродъ**, CS_2—безцвѣтная жидкость,

непріятнаго запаха, легко воспламеняющаяся; горитъ синеватымъ пламенемъ; легко растворяетъ сѣру, фосфоръ, каучукъ, жирныя масла, и поэтому примѣняется для извлеченія маселъ изъ сѣмянъ различныхъ растеній [1]).

Сѣрная кислота.

Сѣра горитъ блѣдно-синимъ пламенемъ; при этомъ образуется соединеніе сѣры съ кислородомъ, которое называется **сѣрнистымъ ангидридомъ** или *сѣрнистымъ газомъ*. Составъ этого соединенія выражается формулою SO_2. Это—удушливый газъ съ рѣзкимъ, непріятнымъ запахомъ. Онъ образуется также при обжиганіи сѣрнистыхъ соединеній металловъ, напр. желѣзнаго колчедана.

Сѣрнистый газъ очень легко окисляется, т.-е. присоединяетъ кислородъ, переходя въ **сѣрный ангидридъ** SO_3. Именно, приходя въ соприкосновеніе съ веществами, богатыми кислородомъ, сѣрнистый газъ отнимаетъ отъ нихъ часть кислорода, или, какъ говорятъ, возстановляетъ ихъ. Сѣрнистый газъ обезцвѣчиваетъ природныя краски. Поэтому онъ примѣняется, между прочимъ, для бѣленія шелка и шерсти.

Образующійся окисленіемъ сѣрнистаго газа сѣрный ангидридъ, SO_3, очень жадно соединяется съ водою, образуя **сѣрную кислоту:**

$$SO_3 + H_2O = SO_4H_2.$$

Сѣрная кислота имѣетъ большія примѣненія какъ въ химическихъ лабораторіяхъ, такъ и въ промышленности, и поэтому готовится въ громадныхъ количествахъ на особыхъ заводахъ. Заводскихъ способовъ полученія сѣрной кислоты два: *камерный* и *контактный*.

Камерный способъ состоитъ въ томъ (рис. 41), что въ большія свинцовыя камеры (помѣщенія, въ которыхъ стѣны, полъ и потолокъ обложены свинцовыми [1]) листами) впускаютъ одновременно сѣрнистый газъ, водяной паръ и пары азотной кислоты.

---

[1]) *Рѣдкіе*, т.-е рѣдко встрѣчающіеся въ природѣ въ видѣ своихъ соединеній, элементы—**селенъ**, *Se*, и **теллуръ**, *Te*, представляются настолько же близкими къ сѣрѣ, насколько бромъ и іодъ близки къ хлору. Селенъ и теллуръ даютъ, напр., съ водородомъ соединенія SeH_2 и TeH_2, съ кислородомъ — SeO_2, SeO_3 и TeO_2, TeO_3 и т. д. Словомъ, здѣсь имѣемъ тоже *естественную группу*, какъ и при галоидахъ. У галоидовъ первымъ членомъ былъ фторъ (ат. вѣсъ—19), а у этой группы такое же мѣсто занимаетъ кислородъ съ ат. вѣс. 16; за нимъ слѣдуютъ сѣра (ат. в. 32), селенъ (ат. в. 79) и теллуръ (ат. в. 127).

[1]) Свинецъ меньше всѣхъ металловъ разъѣдается сѣрною кислотою.

Азотная кислота, какъ мы уже знаемъ, есть сильный окислитель. Въ камерномъ процессѣ она отдаетъ часть своего кислорода сѣрнистому газу, окисляя его въ сѣрный ангидридъ, а сѣрный ангидридъ присоединяетъ воду, и получается сѣрная кислота:

$$SO_2 + O = SO_3;\ SO_3 + H_2O = SO_4H_2.$$

Сѣрнистый газъ готовится обжиганіемъ колчедановъ, главнымъ образомъ желѣзнаго колчедана *(пирита);* азотная к. дѣйствіемъ сѣрной кислоты на селитру. Образующіеся при этомъ

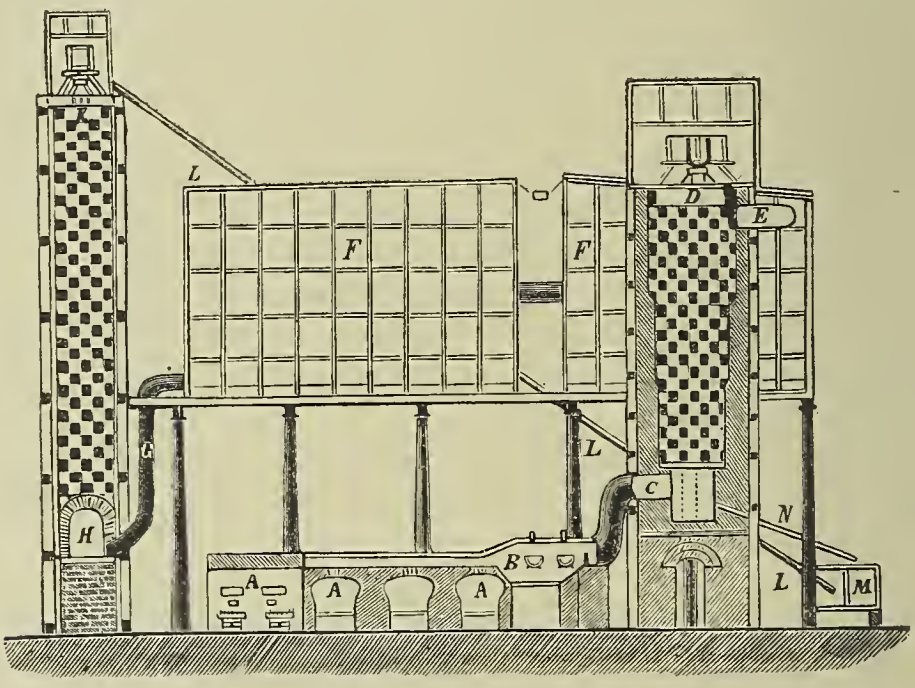


Рис. 41.

окислы азота не выпускаются наружу, а окисляются кислородомъ воздуха и съ водянымъ паромъ даютъ снова азотную кислоту; эта азотная кислота окисляетъ новыя количества сѣрнистаго газа и т. д. Такимъ образомъ одно и то же количество азотной кислоты окисляетъ очень большія количества сѣрнистаго газа.

Въ печахъ *A* обжигается колчеданъ для полученія сѣрнистаго газа, а въ чашкахъ *B* получается азотная к. нагрѣваніемъ селитры съ сѣрною к. Сѣрнистый газъ въ смѣси съ нагрѣтымъ воздухомъ впускаютъ по трубамъ *C* и *E* въ камеры *F*, куда пускаютъ по трубамъ, не показаннымъ на рисункѣ, и водяной паръ. Прежде чѣмъ попасть въ трубу *C*, сѣрнистый газъ проходитъ надъ чашками *B* и увлекаетъ съ собою въ камеры

пары азотной кислоты. Изображенныя на рисункѣ, справа и слѣва, башни служатъ для того, чтобы не выпускать на воздухъ и не терять, такимъ образомъ, окислы азота, образующіеся вслѣдствіе раскисленія азотной кислоты, а задерживать ихъ и опять пускать въ дѣло.

Полученная въ камерахъ сѣрная кислота недостаточно крѣпка и чиста: въ ней приблизительно 60% кислоты и 40% воды; чтобы удалить воду, камерную сѣрную кислоту нагрѣваютъ въ свинцовыхъ котлахъ или въ стеклянныхъ и платиновыхъ приборахъ; вода выкипаетъ, и получается болѣе крѣпкая кислота, содержащая только 6—8% воды; такая кислота поступаетъ въ продажу и называется *сырою сѣрною кислотою,* или купоросным*ъ* маслом*ъ*. Въ этой кислотѣ есть еще нѣкоторыя примѣси (желѣзо, свинецъ, мышьякъ); по удаленіи особыми пріемами всѣхъ этихъ примѣсей, кислоту перегоняютъ, при чемъ выдѣляется почти вся вода, и получается *чистая сѣрная кислота.*

Этотъ камерный способъ имѣетъ слѣдующія неудобства: для полученія большихъ количествъ сѣрной кислоты нужно строить свинцовыя камеры громадныхъ размѣровъ [1]), и полученную кислоту еще нужно сгущать, т.-е. удалять лишнюю воду. Поэтому желательно было найти болѣе простой и дешевый способъ полученія сѣрной кислоты. Такой способъ недавно нашли (въ 1899 г.). Онъ называется **контактнымъ способомъ**. Контактными веществами, или *катализаторами*, называются вещества, которыя облегчаютъ, ускоряютъ какую-нибудь реакцію, сами же при этомъ не измѣняются. При полученіи сѣрной кислоты контактнымъ веществомъ служитъ мелкій порошокъ платины, который закрѣпляется на волокнахъ минерала азбеста. Такой *платинированный азбестъ* помѣщается въ желѣзныя трубки, черезъ которыя пропускаютъ сѣрнистый газъ и воздухъ. Подъ вліяніемъ мелко раздробленной платины сѣрнистый газъ окисляется кислородомъ воздуха въ сѣрный ангидридъ. Этотъ сѣрный ангидридъ поглощаютъ водою, и получается крѣпкая сѣрная кислота, которую уже не нужно сгущать. Платинированный азбестъ служитъ неопредѣленно долго, такъ что затрата на пріобрѣтеніе его дѣлается разъ навсегда. Вѣроятно, со временемъ камерный процессъ будетъ брошенъ, и сѣрная кислота будетъ готовиться исключительно контактнымъ способомъ.

Чистая **сѣрная кислота**—густая, маслянистая жидкость, безцвѣтная и прозрачная. Она отличается особенною жадностью къ водѣ. Это видно уже изъ того, что при смѣшеніи сѣрной кис-

[1]) Строятся камеры въ 3—4 саж. высоты, 5 саж. шир., 15 саж. длины.

лоты съ водою выдѣляется очень много тепла (замѣчается сильное разогрѣваніе). Если къ сѣрной кислотѣ приливать воду, то эта смѣсь такъ разогрѣвается, что приливаемая вода превращается въ паръ и часть жидкости выбрасывается этими парами изъ сосуда. Поэтому, желая получить разбавленную сѣрную кислоту, приливаютъ не воду къ сѣрной кислотѣ, а, наоборотъ, къ водѣ приливаютъ сѣрную кислоту, осторожно, понемногу, такъ чтобы всегда имѣлся избытокъ воды. Жадностью сѣрной кислоты къ водѣ пользуются для высушиванія газовъ и твердыхъ веществъ, для отнятія влаги отъ жидкостей. Для этого газы заставляютъ проходить черезъ сѣрную кислоту или черезъ цилиндры, наполненные бусами, смоченными сѣрною кислотою, а жидкости и твердыя вещества помѣщаютъ въ плотно закрытые сосуды (*эксикаторы*), гдѣ въ особыхъ чашкахъ налита сѣрная кислота. Высушиваемыя вещества выдѣляютъ пары воды, а сѣрная кислота поглощаетъ эти пары. Зимою между двойными рамами въ окнахъ ставятъ стаканы съ сѣрною кислотою; тогда влага изъ воздуха поглощается кислотою, а не садится мелкими каплями на стекла—стекла не тускнѣютъ, не затуманиваются, или, какъ говорятъ, не «потѣютъ». Жадность сѣрной кислоты къ водѣ такъ велика, что сѣрная кислота не только отнимаетъ воду отъ веществъ, содержащихъ ее (воду), но даже отнимаетъ кислородъ и водородъ въ такихъ относительныхъ количествахъ, какія требуются для образованія воды. Поэтому, если облить крѣпкою сѣрною кислотою такія вещества, какъ сахаръ, бумага, дерево, которыя состоятъ исключительно или главнымъ образомъ изъ углерода, водорода и кислорода, то кислородъ и водородъ отъ нихъ отнимается, и остается уголь—происходитъ «обугливаніе».

Въ техникѣ сѣрная кислота примѣняется для полученія азотной и соляной кислотъ, въ содовомъ производствѣ (см. статью о содѣ), для приготовленія суперфосфатовъ (см. ст. о фосфорѣ), при полученіи фосфора, для очищенія нефти, для приготовленія пергаментной бумаги, для полученія эфира изъ спирта, для превращенія крахмала въ сахаристыя вещества, которыя затѣмъ перерабатываются на спиртъ, для полученія красящихъ веществъ и т. д.

Изъ солей сѣрной кислоты наиболѣе распространены въ природѣ известковая соль, или *гипсъ*, который иногда образуетъ цѣлыя залежи, и магніевая соль, содержащаяся въ водѣ и придающая ей горькій вкусъ. Сѣрнокислыя соли желѣза, мѣди, цинка называются *купоросами*: желѣзный купоросъ (зеленый), мѣдный купоросъ (синій), цинковый купоросъ (бѣлый).

Фосфоръ.

Фосфоръ очень распространенъ въ природѣ въ видѣ солей фосфорной кислоты, больше всего въ видѣ фосфорноизвестковой соли. Эта соль содержится въ почвѣ обыкновенно въ очень малыхъ количествахъ, но въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ она образуетъ цѣлые пласты. Ее называютъ *фосфоритомъ* и употребляютъ для удобренія полей, потому что она необходима для питанія и правильнаго роста растеній. Фосфорноизвестковая соль не растворима въ водѣ, но растворяется въ кислотахъ, даже въ самыхъ слабыхъ. Поэтому, чтобы облегчить корнямъ растеній усвоеніе фосфора, фосфориты часто обрабатываютъ сѣрною кислотою или соляною и тогда уже вводятъ въ почву. Такое удобрительное вещество называется *суперфосфатомъ*. Но эта обработка кислотами не является необходимою, потому что дождевая вода всегда содержитъ углекислоту, и поэтому, попадая въ почву, она понемногу растворяетъ фосфорноизвестковую соль; кромѣ того, корни растеній выдѣляютъ кислоты, которыя переводятъ фосфориты въ растворимое состояніе.—Фосфорноизвестковая соль есть главная составная часть костей животныхъ. Изъ костей и получаютъ свободный фосфоръ. Кости обжигаютъ; при этомъ хрящъ и клеевое вещество костей сгораютъ, и остается бѣлая масса—костяная зола, состоящая почти цѣликомъ изъ фосфорноизвестковой соли [1]). Эту массу обрабатываютъ сѣрною кислотою, при чемъ образуется растворъ, въ которомъ содержится кислая фосфорноизвестковая соль. При испареніи раствора эта соль кристаллизуется. Ее сильно прокаливаютъ съ углемъ, и тогда половина всего количества фосфора, содержащагося въ соли, выдѣляется въ свободномъ видѣ.

Фосфоръ– полупрозрачное вещество, похожее на воскъ, слабо желтаго, почти бѣлаго, цвѣта, не растворяется въ водѣ, немного растворяется въ спиртѣ и эфирѣ. На воздухѣ фосфоръ быстро окисляется, а при слабомъ нагрѣваніи или треніи загорается; поэтому при описанномъ способѣ полученія фосфора приборы располагаютъ такъ, чтобы фосфоръ собирался подъ водою. Въ темнотѣ фосфоръ свѣтится; это объясняется тѣмъ, что онъ окисляется, т.-е. какъ бы медленно горитъ.

Кромѣ этого *желтаго* фосфора есть еще другое видоизмѣненіе фосфора, которое называется *краснымъ* фосфоромъ. Желтый фосфоръ, оставаясь долго на свѣту (хотя бы и подъ водою), обращается съ поверхности въ красный фосфоръ. Если желтый фосфоръ нагрѣвать до 250° въ приборѣ съ углекислымъ газомъ или во-

[1]) Ея формула такова: $(PO_4)_2Ca_3$.

обще въ отсутствіи кислорода, то онъ быстро превращается въ красный. Красный фосфоръ по своимъ свойствамъ очень отличается отъ желтаго. Онъ имѣетъ видъ краснобураго порошка, не растворимъ ни въ водѣ, ни въ спиртѣ, ни въ эфирѣ; на воздухѣ не окисляется, не свѣтится въ темнотѣ. Всѣ реакціи съ краснымъ фосфоромъ идутъ гораздо медленнѣе, чѣмъ съ желтымъ. Онъ совершенно не ядовитъ, желтый же фосфоръ—очень сильный **ядъ.**

Свойствомъ фосфора загораться при треніи пользуются для приготовленія спичекъ. Такъ называемыя *шведскія спички* не содержатъ фосфора; головки этихъ спичекъ покрыты смѣсью веществъ, изъ которыхъ одни сами горятъ (сѣра, уголь), а другія поддерживаютъ горѣніе (Бертолетова соль, перекись марганца); на боковыхъ же стѣнкахъ коробки находится слой краснаго фосфора; при треніи спичкою объ эту поверхность частичка фосфора вспыхиваетъ и зажигаетъ горючую смѣсь на головкѣ спички.

При горѣніи фосфора въ сухомъ воздухѣ образуется соединеніе фосфора съ кислородомъ, **фосфорный ангидридъ**, P_2O_5—бѣлая масса въ видѣ хлопьевъ, которая жадно поглощаетъ влагу и расплывается на воздухѣ. Соединяясь съ водою, фосфорный ангидридъ даетъ нѣсколько *фосфорныхъ кислотъ*. По своему составу онѣ отличаются одна отъ другой тѣмъ, что для образованія ихъ фосфорный ангидридъ соединяется съ различнымъ количествомъ воды, напр.:

$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$—метафосфорная кислота
$P_2O_5 + 2H_2O = H_4P_2O_7$—пирофосфорная кислота
$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$—ортофосфорная кислота.

Эти кислоты отличаются одна отъ другой по своимъ свойствамъ Самая важная изъ нихъ—*ортофосфорная*; ее обыкновенно называютъ просто **фосфорною кислотою,** потому что она и ея соли встрѣчаются несравненно чаще другихъ фосфорныхъ кислотъ.

Фосфоръ очень жадно соединяется съ галоидами. Такъ, напр., если желтый фосфоръ бросить въ колбу съ хлоромъ или іодомъ, то образуется *хлористый* или *іодистый фосфоръ*; при этомъ выдѣляется такъ много тепла, что видно бываетъ пламя [1]).

---

[1]) Къ фосфору близко стоятъ еще два элемента — **мышьякъ**, *As* (ат. в. 75) и **сурьма**, *Sb* (ат. в. 120). Главнѣйшіе минералы, въ видѣ которыхъ эти элементы встрѣчаются въ природѣ будутъ: *бѣлый мышьякъ*—As_2O_3, *реальгаръ*—As_2S_2 и *сурьмяный блескъ*—Sb_2S_3. Обжиганіемъ ихъ и прокаливаніемъ съ углемъ получаютъ свободные элементы. Съ *водородомъ* они даютъ соединенія AsH_3 и SbH_3. слѣдов., подобныя амміаку—NH_3; образуютъ различныя кислоты подобныя азотной и фосфорнымъ кислотамъ и т. д. Такъ, извѣстны соли мышьяковистой кислоты—**ядовитыя,** какъ и *мышьяковистый ангидридъ* — As_2O_3. Такимъ образомъ, здѣсь мы снова встрѣчаемъ *группу*: азотъ (ат. в. 14), фосфоръ (ат. в. 31), мышьякъ и сурьма.

Кремній.

Свободный кремній въ природѣ не встрѣчается, соединенія же его очень распространены. Главнѣйшее изъ нихъ **кремневый ангидридъ**, или *кремнеземъ*, SiO_2. Кремнеземъ можетъ имѣть различный видъ: или онъ образуетъ кристаллы, или представляетъ некристаллическую стекловатую массу; онъ можетъ быть безцвѣтнымъ или окрашеннымъ, прозрачнымъ или непрозрачнымъ. Совершенно безцвѣтные и прозрачные кристаллы кремнезема называются *горнымъ хрусталемъ*. Изъ горнаго хрусталя дѣлаютъ многія вещи: очки, подвѣски для люстръ, ожерелья и т. д. Если кристаллы окрашены въ розовато-лиловый цвѣтъ, то они называются *аметистомъ*. Не такъ ясно кристаллическій кремнеземъ называется *кварцемъ*. Чистый кварцъ безцвѣтенъ и прозраченъ, но часто онъ бываетъ окрашенъ примѣсями въ различные цвѣта; тогда получаются цвѣтные камни: *яшма*, *агатъ*, *сердоликъ* и др.; кварцъ, окрашенный (главнымъ образомъ соединеніями желѣза) въ желтый или бурый цвѣтъ, называется обыкновенно *кремнемъ*; онъ употреблялся раньше для полученія (высѣканія) огня. Эти послѣдніе камни—яшма, агатъ, сердоликъ, кремень—не прозрачны и только просвѣчиваютъ по краямъ или въ тонкихъ кускахъ. Обыкновенный песокъ есть мелко раздробленный кварцъ. Слои песка могутъ уплотняться отъ давленія на нихъ другихъ горныхъ породъ; такъ образуются въ природѣ *песчаники*—прочныя каменистыя породы, которыя идутъ на постройки, на изготовленіе жернововъ, точильныхъ брусковъ и пр.

Кремнеземъ называется иначе *кремневымъ ангидридомъ*, потому что онъ обладаетъ свойствами кислотнаго окисла. Именно, при сплавленіи съ щелочами образуется сплавъ, который по своему химическому составу есть соль кремневой кислоты. Кремнекислыя соли называются *силикатами*. Въ природѣ встрѣчаются силикаты почти всѣхъ металловъ. Они входятъ въ составъ громаднаго большинства горныхъ породъ. Такъ, гранитъ состоитъ изъ трехъ минераловъ: кварца, полевого шпата и слюды, и каждый изъ этихъ трехъ минераловъ есть соединеніе кремнія.

Кремнеземъ—слабо кислотный окиселъ и отличается тѣмъ свойствомъ, что съ однимъ и тѣмъ же металлическимъ окисломъ можетъ образовать нѣсколько солей. Въ этихъ соляхъ на одно и то же количество основанія приходятся различныя количества кремневаго агидрида. Такъ, напр., кромѣ соединенія Na_2SiO_3, которое можно представить какъ $Na_2O.\ SiO_2$ (Na_2O — окись натрія), можетъ быть соединеніе $Na_2O.\ 2SiO_2$ или даже $Na_2O.\ 3SiO_2$.

Стекло представляетъ собою сплавъ кремнезема съ металлическими окислами. Такъ, обыкновенное стекло, оконное и посудное, содержитъ въ себѣ силикаты металловъ натрія и кальція; въ тугоплавкомъ стеклѣ натрій замѣщенъ каліемъ; въ такъ называемомъ хрустальномъ или богемскомъ (бемскомъ) стеклѣ содержится много окиси свинца. Вообще составъ стекла никогда нельзя выразить химическою формулою, потому что всякое стекло не есть опредѣленное химическое соединеніе, а сплавъ, въ которомъ составныя части могутъ быть въ очень различныхъ относительныхъ количествахъ.

Самая чистая *глина*, называемая фарфоровою глиною или каолиномъ, есть силикатъ алюминія, но такая глина очень рѣдко встрѣчается; въ различныхъ глинахъ относительныя количества кремнезема и глинозема (такъ называется окись алюминія) могутъ быть довольно различны, и кромѣ того въ составъ глины входятъ обыкновенно окислы желѣза, всегда есть примѣсь песка.

Если съ кремнеземомъ сплавить соду или поташъ, то получается *растворимое* въ водѣ *стекло*, составъ котораго можно выразить формулою Na_2SiO_3 или K_2SiO_3. Изъ такого стекла можетъ быть полученъ *гидратъ кремнезема* $Si(OH)_4$, который и будетъ **кремневою кислотою**. Если, напр., къ раствору натроваго стекла приливать понемногу соляной или сѣрной кислоты, то при достаточной крѣпости раствора вся масса застываетъ въ студень, потому что изъ кремненатріевой соли дѣйствіемъ кислотъ выдѣляется гидратъ кремнезема, имѣющій студенистый видъ и нерастворимый въ водѣ:

$$Na_2SiO_3 + 2HCl + H_2O = Si(OH)_4 + 2NaCl.$$

Если же къ раствору натроваго стекла быстро прилить много кислоты или приливать растворенное стекло къ кислотѣ,—однимъ словомъ, вызвать образованіе гидрата кремнезема въ присутствіи большого избытка кислоты,—то получается гидратъ кремнезема, растворимый въ водѣ. Растворимый гидратъ кремнезема содержится, хотя и въ малыхъ количествахъ, въ водѣ и въ почвѣ; отсюда онъ переходитъ въ растенія при посредствѣ ихъ корней. Поэтому довольно много кремнезема находится въ стебляхъ злаковъ, въ хвощахъ и др. растеніяхъ.

Кромѣ соединенія кремнія съ кислородомъ — кремнезема, извѣстны соединенія кремнія съ галоидами, напр. хлористый кремній, фтористый кремній.

Фтористый кремній получается дѣйствіемъ плавиковой кислоты на кремнеземъ: $SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$. Этою реакціей пользуются для гравированія на стеклѣ, т.-е. для вытра-

вленія на стеклѣ рисунковъ, цифръ и т. д. Для этого, поверхность стекла покрываютъ тонкимъ слоемъ воска и какимъ-нибудь остріемъ дѣлаютъ рисунокъ, проходящій до самаго стекла; затѣмъ стекло подвергаютъ дѣйствію паровъ или жидкой плавиковой кислоты (стр. 207), которая съ кремнеземомъ стекла образуетъ летучій фтористый кремній. Если теперь удалить со стекла весь воскъ, то въ тѣхъ мѣстахъ, на которыя дѣйствовала плавиковая кислота, оказывается матовый рисунокъ.

Свободный **кремній** можетъ быть полученъ или въ видѣ зеленовато-бураго порошка, или въ продолговатыхъ кристаллахъ темно-сѣраго цвѣта, съ металлическимъ блескомъ, отличающихся большою твердостью.

Всѣ разсмотрѣнные до сихъ элементы называются часто *металлоидами* въ отличіе отъ металловъ.

Металлы и сплавы.

Всѣ металлы можно подраздѣлить на металлы *легкіе* и *тяжелые*. Къ первой группѣ относятся тѣ изъ нихъ, у которыхъ удѣльный вѣсъ ниже 5, металлы же съ бо̀льшимъ удѣльнымъ вѣсомъ носятъ названіе тяжелыхъ металловъ. Легкихъ металловъ немного; наиболѣе извѣстны натрій, калій, кальцій, магній и алюминій. Кромѣ алюминія они не могутъ имѣть практическаго примѣненія ни въ чистомъ видѣ, ни въ сплавахъ, такъ какъ на воздухѣ быстро окисляются и энергично дѣйствуютъ на воду. Гораздо большее разнообразіе и значеніе представляютъ тяжелые металлы. Важнѣйшими изъ нихъ будутъ: желѣзо, мѣдь, цинкъ, олово, свинецъ, ртуть, серебро и золото. Нѣкоторые металлы были извѣстны человѣку очень давно—въ глубокой древности. Золото, повидимому, стало извѣстно первымъ изъ металловъ, такъ какъ оно встрѣчается въ самородномъ состояніи, и, слѣдовательно, для полученія его не требовалось большихъ знаній и опыта. Желѣзо было знакомо за 3000 лѣтъ до Р. Х.; свинецъ, олово и серебро еще раньше желѣза служили человѣку матеріаломъ для приготовленія всевозможныхъ издѣлій. Остальные металлы открыты позже и очень многіе только въ концѣ XVIII и XIX вѣкахъ.

Металлы очень рѣдко встрѣчаются въ природѣ въ свободномъ состояніи, т.-е. ни съ чѣмъ другимъ несоединенными; исключеніе составляютъ золото, платина, рѣже серебро, иногда мѣдь и ртуть. Всѣ же остальные металлы обыкновенно находятся въ соединеніи съ кислородомъ, сѣрою или же въ видѣ солей. Природныя соединенія тяжелыхъ металловъ носятъ на-

званіе *рудъ*. Способы добыванія металловъ изъ рудъ бываютъ различны, въ зависимости отъ состава и свойства руды.

Извлеченіе металловъ изъ окисловъ состоитъ въ томъ, что тѣмъ или инымъ путемъ отнимаютъ кислородъ отъ соединеннаго съ нимъ металла. Для этого руду, напр. *оловянный камень* (двуокись олова), смѣшиваютъ съ углемъ, помѣщаютъ въ особыя печи, такъ наз. *пламенныя*, и подвергаютъ ихъ сильному нагрѣванію — обжиганію. Въ этихъ условіяхъ кислородъ (двуокись олова—SnO_2), соединившись съ углемъ, даетъ углекислый газъ CO_2, а олово плавится, превращаясь въ жидкость, которая затѣмъ выпускается изъ печи черезъ отверстіе.

Если же руда представляетъ собою сѣрнистое соединеніе металла, то сначала обжигаютъ руду на воздухѣ. Сѣра при обжиганіи сгораетъ въ сѣрнистый газъ (SO_2), а металлъ, соединяясь съ кислородомъ воздуха, образуетъ окись. Полученную окись обрабатываютъ, какъ раньше, т.-е. обжигаютъ съ углемъ. Такъ получается, напр., цинкъ, изъ цинковой обманки—ZnS.

Большинство углекислыхъ солей тяжелыхъ металловъ, накаливаніемъ предварительно, превращаютъ въ окиси.

Въ послѣднее время довольно часто для полученія металловъ примѣняется способъ разложенія соединеній металловъ *электрическимъ токомъ*.

За исключеніемъ ртути, всѣ металлы при комнатной температурѣ тверды, но при нагрѣваніи становятся жидкими или, какъ говорятъ, плавятся, а при болѣе сильномъ нагрѣваніи—превращаются въ паръ. Одни металлы, какъ натрій, калій, плавятся около 100° Ц., другіе имѣютъ температуру плавленія 200 — 300°, а нѣкоторые требуютъ нагрѣванія до 1000 и выше градусовъ.

При сплавленіи различныхъ металловъ между собою получается однородная жидкая масса, которая послѣ охлажденія затвердѣваетъ, образуя *сплавъ*. Входящіе въ составъ сплава металлы уже не могутъ быть механически отдѣлены другъ отъ друга. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ сплавы при охлажденіи кристаллизуются, и съ этой стороны могутъ разсматриваться какъ химическія соединенія. Въ то же время металлы въ расплавленномъ состояніи смѣшиваются съ другими металлами не въ точно опредѣленныхъ количествахъ, а въ произвольныхъ отношеніяхъ. Поэтому сплавы разсматриваются какъ одно или нѣсколько химическихъ соединеній, растворенныхъ въ избыткѣ того или другого металла. Слѣдовательно, металлы не только вступаютъ въ соединеніе другъ съ другомъ, но и растворяются одинъ въ другомъ. Не всѣ металлы въ расплавленномъ видѣ могутъ смѣ-

шиваться между собою въ произвольныхъ отношеніяхъ. Свинецъ и олово или цинкъ и мѣдь сплавляются въ какихъ угодно количествахъ, другіе же, какъ свинецъ и цинкъ, для полученія однороднаго сплава должны быть взяты въ извѣстныхъ количествахъ; цинкъ растворяетъ 6% свинца, а свинецъ—1,2% цинка.

Очень часто уже незначительная примѣсь одного металла, прибавленнаго къ другому, дѣлаетъ послѣдній болѣе пригоднымъ для данныхъ цѣлей. Такъ, примѣсь олова увеличиваетъ плавкость; желѣзо, свинецъ, цинкъ увеличиваютъ твердость сплава и т. д. Золото и серебро, въ чистомъ видѣ, очень мягки и потому не употребляются, такъ какъ быстро стираются. Если же ихъ сплавить съ небольшимъ количествомъ мѣди, то полученный сплавъ болѣе твердъ и для изготовленія различныхъ предметовъ предпочитается чистымъ металламъ.

Сплавы *мѣди* и *серебра* употребляются для выдѣлки *монетъ*.

Сплавы ртути съ другими металлами называются *амальгамами*, или сортучками. Амальгамы при болѣе или менѣе сильномъ нагрѣваніи выдѣляютъ ртуть, которая улетучивается, а металлъ остается; благодаря этому свойству амальгамы употребляются для золоченія, серебренія, для изготовленія зеркалъ и пр.

Металлы имѣютъ особенный, такъ называемый металлическій **блескъ.** Въ цѣломъ кускѣ металлы бѣлаго или сѣраго цвѣта, золото—желтаго, мѣдь—розоваго; но если ихъ измельчить, то порошокъ ихъ сѣро-чернаго цвѣта.

Калій и натрій легко рѣжутся ножомъ, большинство же металловъ обладаютъ значительною **твердостью.**

Подъ ударами молота или подъ сильнымъ давленіемъ между валами многіе металлы сплющиваются, превращаясь въ листы. Такіе называются металлами **ковкими.** Этимъ свойствомъ металлы существенно отличаются отъ металлоидовъ, которые отъ удара превращаются въ порошокъ, напримѣръ: сѣра, уголь, мышьякъ и другіе.

Кромѣ ковкости металламъ присуща и **тягучесть;** такъ, они могутъ быть вытянуты въ проволоку, очень часто весьма тонкую. Самые ковкіе и тягучіе металлы слѣдующіе: золото, серебро, платина, желѣзо, мѣдь. Два куска ковкаго металла, будучи нагрѣты до-красна, отъ удара молотомъ *свариваются* между собою; особенно хорошо сваривается желѣзо, платина.

Металлы способны соединяться съ кислородомъ и образовать окислы. Соединеніе это можетъ происходить при накаливаніи металловъ въ воздухѣ или въ кислородѣ и рѣже при обыкновенной температурѣ. Кусокъ желѣза накаленный въ

кузнечномъ горнѣ отъ удара молотомъ отбрасываетъ искры, состоящія изъ окисла желѣза. Золото, серебро и платина не окисляются при накаливаніи, а потому называются металлами *благородными*. Желѣзо даже при обыкновенныхъ условіяхъ окисляется—ржавѣетъ.

Часто одинъ и тотъ же металлъ, соединяясь съ кислородомъ, въ зависимости отъ условій даетъ **окислы,** въ которыхъ число атомовъ присоединившагося кислорода бываетъ различно. Окиселъ съ меньшимъ количествомъ кислорода называется *закисью*. напр. закись желѣза—FeO, съ бо́льшимъ — *окисью*, напр. окись желѣза — Fe_2O_3, а если кислорода въ составѣ окисла входитъ больше, чѣмъ въ окиси — называется *перекисью*, напр. перекись свинца—PbO_2.

Только окиси легкихъ металловъ натрія, калія, отчасти кальція растворимы въ водѣ, остальныя представляютъ собою тѣла въ водѣ нерастворимыя и, кромѣ окисей серебра, золота, ртути—неразлагаемыя при нагрѣваніи.

Многіе металлы могутъ долго безъ измѣненія сохраняться въ сухомъ воздухѣ, не содержащемъ углекисло́ты, но во влажномъ—окисляются. При этомъ нѣкоторые металлы, какъ свинецъ, цинкъ, окисляются только съ поверхности, а такіе, какъ желѣзо, въ началѣ покрываются ржавчиною, а потомъ постепенно на-цѣло превращаются въ послѣднюю: ржавчина какъ бы проникаетъ внутрь куска желѣза. Поэтому, чтобы предохранить желѣзныя издѣлія отъ ржавленія, ихъ покрываютъ тонкимъ слоемъ олова или, еще лучше, цинка; желѣзные листы, покрытые этими металлами, называются *жестью*.

Окислы металловъ имѣютъ осповныя свойства и, соединяясь съ водою, образуютъ гидраты окисей, или основанія. Этимъ металлы существенно отличаются отъ металлоидовъ, окиси которыхъ, соединяясь съ водою, даютъ кислоты.

Металлы, а также и окислы ихъ способны *растворяться въ кислотахъ* съ образованіемъ солей. Но не во всѣхъ кислотахъ одинаково легко растворяются металлы; нѣкоторыя кислоты вовсе не дѣйствуютъ на отдѣльные металлы, напр. соляная кислота на серебро, азотная кислота на золото и т. д.

Галоиды—хлоръ, бромъ и іодъ очень энергично *соединяются съ металлами*, образуя галоидныя соли, какъ, напр., хлористый натрій, хлорное желѣзо, хлорная ртуть или сулема, хлористый цинкъ, іодистая ртуть и проч.

Наконецъ *сѣра* также способна *соединяться съ металлами*: соединенія эти происходятъ или при обыкновенныхъ условіяхъ, или при нагрѣваніи, или же при пропусканіи сѣроводороднаго

газа въ растворы солей тяжелыхъ металловъ. Многіе сѣрнистые металлы находятся въ природѣ въ видѣ залежей, напр. мѣдный колчеданъ, свинцовый блескъ, цинковая обманка и проч.

Наше изученіе мы начнемъ съ тяжелыхъ металловъ, какъ наиболѣе примѣняемыхъ.

Тяжелые металлы.

Желѣзо—*Fe*. Ат. в. 55.9.

Желѣзо очень распространено во всей вселенной; оно встрѣчается какъ въ массѣ земной коры, такъ и на ея поверхности. Въ виду того, что желѣзо легко окисляется, его не находятъ въ свободномъ видѣ, т.-е. ни съ чѣмъ не соединеннымъ, а большею частью въ соединеніи съ кислородомъ или съ сѣрою. Кислородныя соединенія извѣстны подъ названіемъ: *магнитнаго, бураго, краснаго желѣзняка* и др.; въ соединеніи съ углекислотою оно образуетъ *шпатовый желѣзнякъ*, съ сѣрою—*желѣзный колчеданъ* и пр.

Матеріаломъ для добычи желѣза, чугуна, стали служатъ кислородныя соединенія желѣза. Для извлеченія желѣза изъ кислородныхъ рудъ прибѣгаютъ къ слѣдующей обработкѣ. Въ спеціально для этой цѣли построенную печь, такъ называемую д о м н у, черезъ отверстіе, находящееся въ верхней части (рис. 42), помѣщаютъ измельченную руду, коксъ и смѣсь извести съ пескомъ; матеріалъ этотъ укладывается слоями. Затѣмъ внизу домны горючій матеріалъ зажигается и сгорая образуетъ углекислый газъ. Углекислый газъ проходитъ черезъ накаленный уголь и, потерявъ часть своего кислорода, превращается въ окись углерода:

$$CO_2 + C = 2CO.$$

Образовавшаяся окись углерода *(CO)* обладаетъ возстановительными свойствами, т.-е. она способна отнимать кислородъ отъ другихъ соединеній; поэтому встрѣчая руду—окись желѣза *(Fe_2O_3)*—она превращаетъ окись въ металлическое желѣзо —

$$Fe_2O_3 + 3CO = Fe_2 + 3CO_2,$$

а выдѣляющійся углекислый газъ снова, пройдя слой раскаленнаго угля, переходитъ въ окись углерода, которая можетъ возстановить новую часть руды и т. д.

Образовавшееся металлическое желѣзо въ то же время постепенно какъ бы растворяетъ углеродъ, соединяется съ нимъ и обра-

зуетъ **чугунъ**. Въ нижней части доменной печи, такъ называемомъ г о р н ѣ, собирается расплавленная масса чугуна, которую затѣмъ выпускаютъ наружу, пробивая заложенное глиною небольшое отверстіе. Такъ какъ руда, кромѣ окиси желѣза, содержитъ еще различныя землистыя примѣси, то, чтобы ихъ удалить, въ домну вводятъ смѣсь извести и песка. Землистыя примѣси руды сплавляются съ пескомъ и известью, образуя такъ называемый

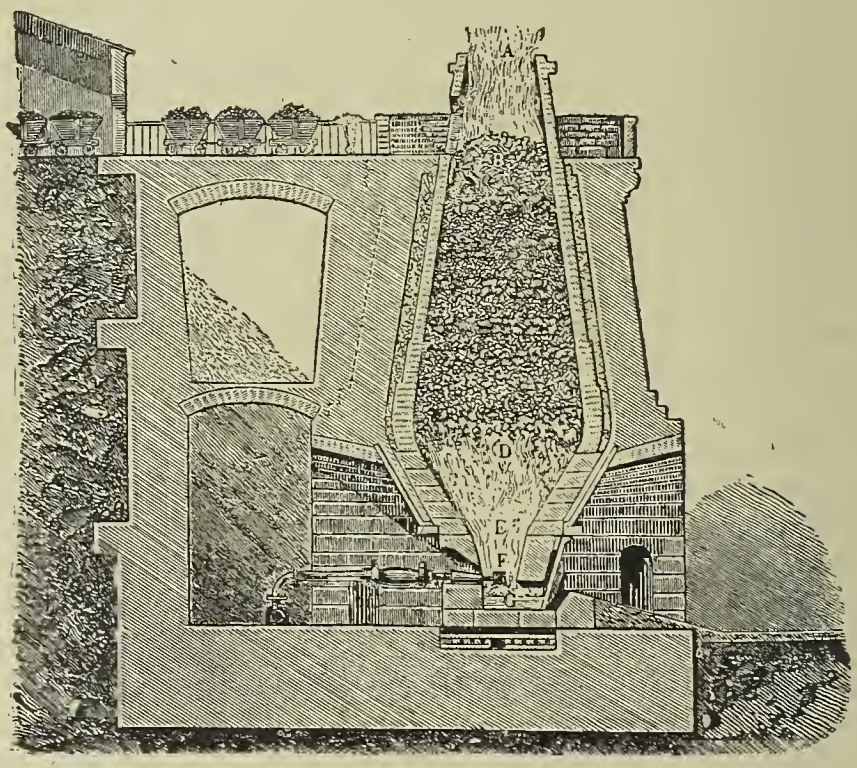


Рис. 42. Доменная печь.

шлакъ, который плаваетъ на поверхности расплавленнаго чугуна и вытекаетъ изъ домны послѣ удаленія чугуна.

Чугунъ бываетъ двухъ сортовъ: 1) *сѣрый чугунъ*—образуется, если расплавленный чугунъ охлаждать медленно, онъ содержитъ до 2% углерода и не такъ хрупокъ; 2) *бѣлый чугунъ*—получается при быстромъ охлажденіи расплавленнаго чугуна и содержитъ до 5% углерода; онъ тверже и хрупче сѣраго.

Изъ сѣраго чугуна изготовляютъ л и т ь е, т.-е. всевозможные чугунные предметы: рѣшетки, кресты, сковороды и пр., а бѣлый чугунъ идетъ на выработку *стали* или *ковкаго желѣза*. Для этого древесный уголь помѣщаютъ въ горнъ, похожій на кузнечный, раздуваютъ мѣхомъ и въ накаленный уголь постепенно вдвигаютъ кусокъ чугуна. Онъ начинаетъ плавиться въ жид-

кость, которая и стекаетъ на дно горна; здѣсь черезъ жидкую расплавленную массу вдуваютъ токъ воздуха, въ кислородѣ котораго и сгораетъ углеродъ чугуна. Продуваніе воздуха прекращаютъ, раньше или позже, въ зависимости отъ того, что̀ требуется получить—сталь, содержащую больше углерода, или ковкое желѣзо съ меньшимъ содержаніемъ углерода; для послѣдней цѣли устраиваютъ особыя печи—*пудлинговыя печи*, въ которыхъ уголь не соприкасается съ желѣзомъ.

Сталь содержитъ углерода немного больше, чѣмъ ковкое желѣзо, но меньше, чѣмъ чугунъ. Описанный способъ называется кричнымъ способомъ и вслѣдствіе дороговизны древеснаго угля употребляется рѣдко.

Для полученія большихъ количествъ стали существуетъ способъ Бессемера. По этому способу расплавленный чугунъ выливаютъ въ особыя вращающіяся печи, называемыя *конвертерами* (рис. 43), и черезъ жидкую массу чугуна пропускаютъ воздухъ, при чемъ углеродъ чугуна сгораетъ, образуя углекислый газъ, а сталь или ковкое желѣзо выливаютъ изъ конвертера въ видѣ жидкой массы.

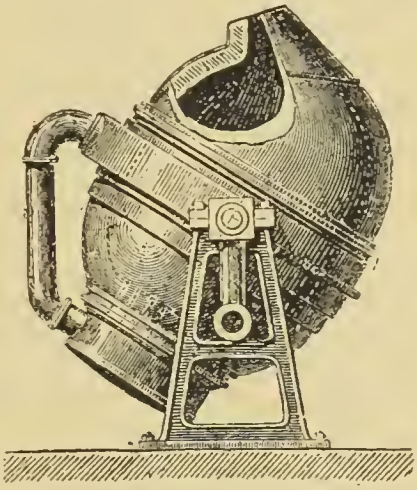


Рис. 43.

Сталь отличается отъ желѣза своею твердостью и упругостью. Твердость увеличивается, если накаленную сталь быстро погрузить въ воду или масло, какъ говорятъ, *закалить* ее. Стальныя вещи изготовляются или путемъ отливки, какъ и чугунныя вещи, или выковываніемъ, какъ вещи изъ ковкаго желѣза.

Желѣзо—металлъ блестящій, бѣловато-сѣраго цвѣта. При храненіи на воздухѣ, въ особенности влажномъ и содержащемъ углекислоту, оно покрывается бурымъ налетомъ окиси, или, какъ говорятъ, ржавѣетъ; чтобы предохранить его отъ окисленія (ржавленія) его смазываютъ жиромъ, смазочнымъ масломъ, лакомъ или покрываютъ тонкимъ слоемъ олова или цинка. Если полосы желѣза пропускать, протягивать черезъ расплавленный цинкъ, то желѣзо покрывается тонкимъ слоемъ цинка и называется *гальванизированнымъ* или *оцинкованнымъ желѣзомъ*. Такое желѣзо въ видѣ листовъ часто употребляется для покрытія крышъ и для другихъ цѣлей; оно прочно и трудно подвергается ржавленію.

Желѣзо покрываютъ также оловомъ; тонкіе листы такого желѣза называются *жестью*. Желѣзо въ этихъ листахъ начинаетъ быстро ржавѣть, если хоть немного будетъ обнажено отъ оловяннаго слоя, желѣзо же покрытое цинкомъ лучше сохраняется.—Желѣзо легко вытягивается въ проволоку, плющится въ листы и сваривается, т.-е. накаленные куски желѣза отъ удара молотомъ какъ бы спаиваются между собою. Лучшимъ сортомъ желѣза считается тотъ, который при сгибаніи не разрывается, легче вытягивается въ проволоку и сваривается.

Твердость желѣза увеличивается отъ закалки, а также отъ примѣсей, находящихся въ желѣзѣ, какъ-то: углерода, фосфора, марганца, кремнія и др. Въ соприкосновеніи съ магнитомъ желѣзо само намагничивается и пріобрѣтаетъ способность, подобно магниту, притягивать кусочки желѣза, стали и нѣкоторыхъ др. металловъ.

Соляная и сѣрная кислоты растворяютъ желѣзо, образуя *соли закиси* желѣза, легко на воздухѣ переходящія въ *соли окиси*. Соли желѣза находятъ себѣ широкое примѣненіе въ техникѣ, медицинѣ.

Мѣдь—*Cu*. Ат. в. 63.6.

Мѣдь находятъ въ природѣ въ чистомъ самородномъ состояніи, чаще же въ соединеніи съ кислородомъ, сѣрою и въ смѣси съ другими сѣрнистыми металлами *(мѣдный колчеданъ)* и въ видѣ углекислой соли, называемой *малахитомъ*. Изъ этихъ соединеній и добывается мѣдь.

Мѣдь единственный металлъ, имѣющій свѣтлокрасный цвѣтъ; она тягуча, вязка, можетъ быть вытянута въ тончайшую проволоку или сплющена въ тонкіе же листы. При храненіи во влажномъ воздухѣ мѣдь покрывается зеленымъ налетомъ углекислой соли мѣди; мѣдь растворяется во многихъ кислотахъ—сѣрной, азотной, уксусной и др., образуя мѣдныя соли этихъ кислотъ.

Чистая мѣдь очень мягка, а потому чаще примѣняется въ видѣ различныхъ сплавовъ. *Томпакъ* и *латунь* — сплавы мѣди съ цинкомъ, изъ нихъ приготовляютъ самовары, оконныя и дверныя ручки и пр.; *бронза*—сплавы мѣди и олова—служитъ для изготовленія люстръ, подсвѣчниковъ и многихъ др. вещей; *колокольный металлъ*—сплавъ мѣди, олова, серебра.

Соединенія мѣди очень **ядовиты**, а чтобы мѣдь не могла попасть въ пищу, мѣдная посуда, служащая для изготовленія пищи, покрывается съ внутренней стороны тонкимъ слоемъ сплава изъ олова и небольшого количества свинца, что называется *луженіемъ*.

Цинкъ—*Zn*. Ат. в. 65.4.

Цинковыя руды встрѣчаются въ Германіи, Франціи, Россіи и др. мѣстахъ. Для полученія изъ нихъ цинка сначала обжигаютъ руду *(цинковую обманку)* для превращенія въ окись цинка, а затѣмъ ее накаливаютъ съ углемъ (рис. 44).

Цинкъ—бѣлый, блестящій металлъ, вытягивается въ проволоку и плющится въ листы, но для этого его сначала нагрѣваютъ до 120°*C*, такъ какъ онъ при обыкновенной комнатной температурѣ хрупокъ. При храненіи на воздухѣ онъ покрывается тонкимъ слоемъ углекислой соли цинка, которая предохраняетъ цинкъ отъ дальнѣйшаго окисленія; такимъ образомъ онъ окисляется только съ поверхности. Изъ цинка дѣлаютъ водосточныя трубы, крыши, различную посуду и проч.; цинкомъ покрываютъ желѣзные листы (цинковая жесть).

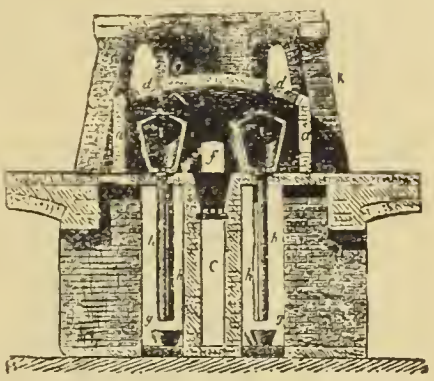


Рис. 44.

При накаливаніи цинка на воздухѣ онъ окисляется и образуетъ бѣлый порошокъ окиси цинка, *ZnO* — цинковыя бѣлила; примѣняются въ медицинѣ (для мази) и въ красильномъ дѣлѣ.

Кислоты, даже такія слабыя какъ уксусная, легко растворяютъ цинкъ, почему пища, въ особенности кислая, не должна сохраняться въ цинковой посудѣ.

Олово—*Sn*. Ат. в. 119.

Олово добывается изъ *оловяннаго камня*, или двуокиси олова (SnO_2); руда эта встрѣчается и у насъ—въ Финляндіи. Руда накаливается съ углемъ, при чемъ кислородъ руды соединяется съ углеродомъ, образуя углекислый газъ, а металлъ выплавляется:

$$SnO_2 + C = Sn + CO_2.$$

Олово —серебристый металлъ, легко вытягивается въ проволоку и плющится въ тонкіе листы (*оловянная фольга*). Оно мягче серебра и золота и немного тверже свинца. Такъ какъ олово на воздухѣ не измѣняется, то поэтому и служитъ для изготовленія различныхъ предметовъ, приборовъ; имъ же покрываютъ легко

окисляющіеся металлы—мѣдь, желѣзо (*жесть*). Для луженія мѣдной посуды, чтобы защитить ее отъ окисленія, употребляется сплавъ олова съ $1^0/_0$ свинца; болѣе $1^0/_0$ свинца для этого сплава, такъ называемаго *припоя*, не должно входить, потому что свинецъ можетъ растворяться въ жидкостяхъ, содержащихъ кислоты и сообщать имъ ядовитыя свойства, олово же отъ кислотъ не мѣняется. Олово входитъ въ большинство различныхъ сплавовъ, имѣющихъ большое значеніе, какъ-то: *британскій металлъ*, *композиціонный металлъ* для ложекъ, *бронза* и пр.

Соляная кислота растворяетъ олово довольно легко и образуетъ *хлористое олово* ($Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$). Крѣпкая азотная кислота не растворяетъ олова, но окисляетъ его.

Свинецъ—*Pb*. Ат. в. 207.

Добывается, главнымъ образомъ, изъ *свинцоваго блеска*—соединенія свинца съ сѣрою (*PbS*) или *бѣлой свинцовой руды* — углекислаго свинца ($PbCO_3$).

Свинцовый блескъ, или сѣрнистый свинецъ, *PbS*, накаливается съ чугуномъ; при этомъ желѣзо отнимаетъ сѣру и образуетъ сѣрнистое желѣзо, а свинецъ затѣмъ удаляется, такъ какъ онъ не смѣшивается съ расплавленнымъ сѣрнистымъ желѣзомъ.

Свинецъ—голубовато-сѣрый, блестящій металлъ, но при храненіи тускнѣетъ отъ поверхностнаго окисленія кислородомъ воздуха; онъ мягокъ, тягучъ, легко плавится, растворяется въ азотной, уксусной кислотѣ, сѣрная же, а также и соляная кислоты на него не дѣйствуютъ. Такъ какъ свинецъ легко растворяется во многихъ кислотахъ, а соли свинца сильно ядовиты, то свинцовая посуда не должна употребляться въ хозяйствѣ. Растворяется свинецъ въ уксусной кислотѣ, образуя уксуснокислую соль (т. наз. *свинцовый сахаръ*), а этотъ послѣдній отъ дѣйствія углекислоты, даетъ углекислый свинецъ или *свинцовыя бѣлила*—бѣлую краску.

Металлическій свинецъ имѣетъ большое примѣненіе въ техникѣ: листовый свинецъ идетъ для обшивки чановъ, для выдѣлки газопроводныхъ и водопроводныхъ трубъ; изъ него дѣлаютъ пули, дробь. Сплавъ свинца съ сурьмою ($80^0/_0$ свинца и $20^0/_0$ сурьмы) извѣстенъ подъ именемъ *типографскаго металла*.

При накаливаніи свинецъ окисляется и образуетъ окись свинца (*PbO*) или *глетъ*, а также *сурикъ* (Pb_3O_4)—красный порошокъ, идущій для приготовленія красокъ.

Ртуть—*Hg*. Ат. в. 200.

Ртуть—это единственный металлъ жидкій при обыкновенной температурѣ. Она получается, главнымъ образомъ, изъ руды—*киновари*, или сѣрнистой ртути; руду эту обжигаютъ, при чемъ сѣра сгораетъ, а ртуть улетучивается; пары ея собираютъ въ особыхъ помѣщеніяхъ, гдѣ они сгущаются въ жидкость (рис. 45).

Ртуть — жидкій, бѣлый, блестящій, очень тяжелый металлъ—въ $13^1/_2$ разъ тяжелѣе воды, не измѣняется на воздухѣ; при нагрѣваніи равномѣрно расширяется, а при охлажденіи сжи-

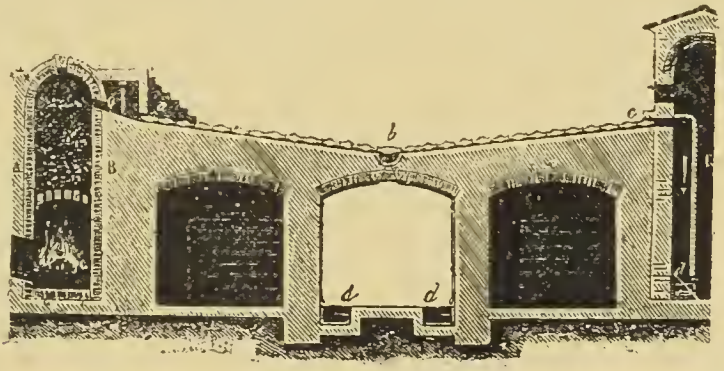


Рис. 45.

мается, почему ее употребляютъ для наполненія термометровъ. Затвердѣваетъ ртуть около — 40°. Ртуть испаряется, даже при комнатной температурѣ и легче при нагрѣваніи; пары ртути очень вредны для здоровья. Ртуть соединяется со многими металлами и образуетъ *амальгамы*, которыя при накаливаніи снова распадаются на ртуть и металлы *(золоченіе черезъ огонь)*.

Азотная кислота и царская водка легко растворяютъ ртуть, образуя *азотнокислую соль ртути и сулему* ($HgCl_2$); соляная же кислота, отчасти и сѣрная почти не дѣйствуютъ на нее при обыкновенныхъ условіяхъ.

Серебро—*Ag*. Ат. в. 107.9.

Серебро рѣдко встрѣчается въ самородномъ видѣ, чаще въ соединеніи съ сѣрою, мышьякомъ, мѣдью, свинцомъ и др. металлами. Руды серебра находятся въ Австріи, Франціи, Россіи и др. странахъ. Для полученія серебра—*серебряный блескъ* (Ag_2S) хорошо перемѣшивается съ поваренною солью ($NaCl$) и обжигается въ особыхъ печахъ; при этомъ сѣрнистое серебро окисляется въ сѣрнокислое, а послѣднее съ поваренною солью образуетъ хлористое серебро. Хлористое серебро перемѣшивается въ бочкахъ

съ желѣзомъ, которое отнимаетъ хлоръ отъ хлористаго серебра, т.-е. возстановляетъ хлористое серебро въ металлическое. Чтобы извлечь серебро изъ этой массы, ее обрабатываютъ ртутью, которая растворяетъ серебро, образуя амальгаму. Амальгама легко отдѣляется отъ нерастворимой горной породы и при нагрѣваніи разлагается на ртуть — улетучивающуюся и на серебро — остающееся въ сосудѣ. Этотъ способъ называется *амальгамаціею*.

Серебро встрѣчается въ природѣ также вмѣстѣ со свинцомъ въ свинцовомъ блескѣ; если эту руду накаливать въ печахъ, то свинецъ, при доступѣ воздуха, окисляется и превращается въ окись свинца; послѣдняя, будучи еще нагрѣта, плавится въ жидкость, серебро же при этомъ не измѣняется и можетъ быть выдѣлено изъ расплавленной массы окиси свинца.

Чистое **серебро**—бѣлый, блестящій металлъ, мягкій, ковкій, тягучій; легко растворяется въ азотной кислотѣ и даетъ азотнокислое серебро, или ляписъ ($AgNO_3$), соляная же кислота не дѣйствуетъ на серебро. Серебро на воздухѣ даже при накаливаніи не окисляется, почему и принадлежитъ къ благороднымъ металламъ. Серебро очень мягко и въ чистомъ видѣ не примѣняется. Сплавы его съ мѣдью, свинцомъ и др. металлами носятъ названіе серебра *лигатурнаго* и употребляются для выдѣлки различныхъ предметовъ. *Пробою* называется количество золотниковъ серебра, заключающееся въ 96 золотникахъ сплава.

Золото—*Au*. Ат. в. 197.2.

Самородное золото довольно часто встрѣчается въ природѣ, но всегда въ небольшомъ количествѣ.

Золото добывается промываніемъ измельченной породы водою, при чемъ золото, какъ наиболѣе тяжелое, остается, а горная порода, какъ болѣе легкая, уносится водою. Есть еще и др. способы полученія, напр. извлекаютъ золото изъ руды ртутью, ціанистымъ каліемъ, растворяющимъ золото и не растворяющимъ др. частей руды.

Золото—желтый, блестящій, мягкій (мягче серебра), тягучій металлъ; кусочекъ золота съ булавочную головку можно вытянуть въ проволоку въ 500 футовъ длины.

На воздухѣ не измѣняется даже при накаливаніи; не растворяется въ кислотахъ, только царская водка и жидкости, выдѣляющія хлоръ, растворяютъ его.

Въ чистомъ видѣ, по причинѣ своей мягкости, оно не употребляется для издѣлій, а также, какъ и серебро, должно быть сплавлено съ мѣдью, серебромъ и др. металлами.

Легкіе металлы.

Натрій—*Na*. Ат. в. 23 и калій—*K*. Ат. в. 39.

Натрій и калій принадлежатъ къ числу легкихъ металловъ и по свойствамъ своимъ очень близки другъ къ другу.

Первое мѣсто изъ нихъ принадлежитъ натрію какъ по его распространенности въ природѣ, такъ и по тому значенію, какое имѣютъ различныя его соединенія въ жизни человѣка. Въ свободномъ видѣ **натрій** въ природѣ не существуетъ, но въ видѣ разнообразныхъ соединеній онъ очень распространенъ на поверхности земли. Самымъ главнымъ соединеніемъ натрія является *хлористый натрій*, или поваренная соль, *NaCl*. Другимъ весьма важнымъ соединеніемъ натрія является *кремнекислый натрій*, который въ соединеніи съ кремнекислыми солями другихъ металловъ, главнымъ образомъ алюминія, кальція и магнія, образуетъ такъ наз. натровые силикаты, входящіе въ составъ многихъ горныхъ породъ. При медленномъ разрушеніи этихъ горныхъ породъ подъ вліяніемъ воздуха, воды, а также находящагося въ водѣ углекислаго газа или, какъ принято говорить, при выв ѣтриваніи горныхъ породъ, натрій переходитъ въ растворимыя соединенія и поступаетъ, такимъ образомъ, въ почву, откуда дождевыя и проточныя воды вымываютъ его соединенія и уносятъ въ рѣки, а затѣмъ—въ моря. Изъ почвы натрій попадаетъ въ растенія, а съ этими послѣдними переходитъ въ организмъ животныхъ, которыя, какъ извѣстно, нуждаются въ соляхъ натрія.—Въ видѣ *азотнокислой соли*, $NaNO_3$, натрій находится въ небольшихъ количествахъ повсюду въ почвѣ, а въ нѣкоторыхъ странахъ, какъ, напр., въ Перу и Чили, въ Южной Америкѣ, имѣются мощныя залежи этой соли, иначе называемой *чилійскою селитрою*. Натрій распространенъ повсюду, даже въ воздухѣ всегда можно открыть присутствіе соединеній натрія, въ особенности въ приморскихъ странахъ.

Несмотря на то, что люди съ давнихъ поръ пользуются соединеніями натрія для тѣхъ или иныхъ практическихъ цѣлей, *металлическій натрій* въ свободномъ видѣ полученъ сравнительно недавно (въ 1807 г.). Англійскій химикъ Гумфри Деви получилъ его *дѣйствіемъ гальваническаго тока на ѣдкій натръ*, *NaOH*. Открытіе металлическаго натрія имѣло очень важное значеніе въ развитіи химіи, такъ какъ этимъ была доказана сложность ѣдкихъ щелочей, которыя до того времени считались за тѣла простыя, неразложимыя на составныя части. Опытъ Деви былъ произведенъ такимъ образомъ (рис 45). Въ кускѣ ѣдкой щелочи

[ѣдкаго натра — $NaOH$] было сдѣлано углубленіе, наполненное ртутью. Кусокъ былъ помѣщенъ на металлическую пластинку, которая была соединена съ положительнымъ полюсомъ довольно сильнаго Вольтова столба, а въ ртуть былъ опущенъ конецъ проволоки, идущей отъ отрицательнаго полюса; затѣмъ пропускался токъ. При этомъ натрій выдѣлился на отрицательномъ полюсѣ, т.-е. у ртути и растворился въ ней, а на положительномъ полюсѣ, т.-е. на металлической пластинкѣ, долженъ былъ выдѣляться водный остатокъ, OH; но такъ какъ такое соединеніе не существуетъ, то въ результатѣ получилась вода и свободный

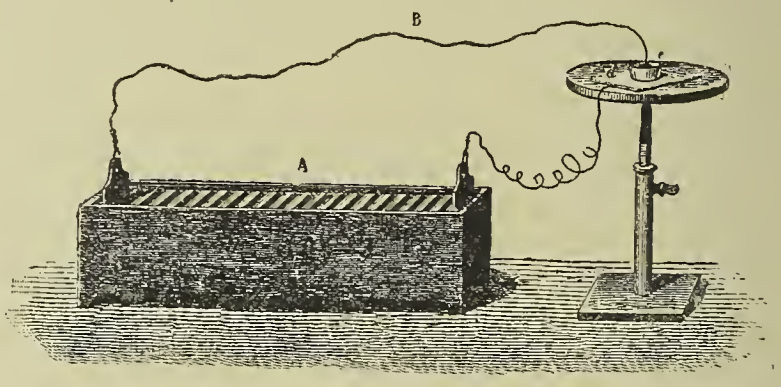


Рис. 46.

кислородъ ($NaOH = Na + OH$; $OH + OH = H_2O + O$). Послѣ этого ртуть, содержащая въ растворѣ натрій, подвергалась нагрѣванію, при чемъ ртуть улетучивалась и оставался натрій.

Спустя много лѣтъ послѣ этого опыта былъ найденъ способъ получать натрій въ большихъ количествахъ *прокаливаніемъ тѣсной смѣси углекислой соли, или соды*, Na_2CO_3, *съ углемъ* въ желѣзныхъ ретортахъ. При высокой температурѣ уголь отнимаетъ кислородъ отъ соды и, окисляясь, переходитъ въ окись углерода, а металлическій натрій выдѣляется въ свободномъ видѣ въ парообразномъ состояніи:

$$\underset{\text{сода}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{уголь}}{2C} = \underset{\text{окись углерода}}{3CO} + \underset{\text{натрій.}}{2Na}$$

Пары натрія сгущаютъ въ особаго рода холодильникахъ, избѣгая доступа воздуха, и затѣмъ собираютъ сгустившійся металлъ подъ слоемъ нефти, которая на него не дѣйствуетъ.

Натрій — металлъ серебристо-бѣлаго цвѣта; мягокъ, какъ воскъ; легче воды; на воздухѣ быстро окисляется и тускнѣетъ, почему его сохраняютъ подъ нефтью. Какъ мы видѣли, воду разлагаетъ при обыкновенной температурѣ.

Ѣдкій натръ является самою употребительною и самою доступною ѣдкою щелочью. Его готовятъ въ огромныхъ количествахъ для различныхъ техническихъ цѣлей изъ углекатріевой соли, или соды, Na_2CO_3. При кипяченіи въ желѣзныхъ котлахъ раствора соды съ водною окисью кальція, такъ наз. гашеною известью, $Ca(OH)_2$, происходитъ реакція обмѣннаго разложенія: $Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2NaOH$, при чемъ образуется нерастворимая углекальціевая соль, $CaCO_3$, а въ растворѣ получается ѣдкій натръ, $NaOH$. Полученный растворъ ѣдкаго натра сливаютъ съ осадка углекислаго кальція, выпариваютъ досуха и оставшійся по испареніи воды ѣдкій натръ сплавляютъ и разливаютъ въ жестянки, которыя затѣмъ запаиваютъ; ѣдкій натръ въ такомъ видѣ поступаетъ въ продажу подъ названіемъ *каустической соды*.

Ѣдкій натръ представляетъ собою бѣлое кристаллическое вещество, весьма легко растворимое въ водѣ. Онъ очень гигроскопиченъ, т.-е. легко притягиваетъ изъ воздуха влагу; въ то же время онъ, какъ сильное основаніе, жадно присоединяетъ угольный ангидридъ. Поэтому, если мы положимъ кусокъ ѣдкаго натра на тарелку и оставимъ на открытомъ воздухѣ, то онъ скоро сдѣлается влажнымъ и черезъ нѣкоторое время расплывется въ густую жидкость, содержащую, кромѣ ѣдкаго натра, углекислый натрій.

Соединенія **калія** очень схожи съ соотвѣтствующими соединеніями натрія, вслѣдствіе чего ихъ нѣкоторое время смѣшивали другъ съ другомъ.

Калій точно такъ же, какъ и натрій, не встрѣчается въ природѣ въ свободномъ состояніи; но въ видѣ различныхъ соединеній онъ очень распространенъ на землѣ, хотя и не въ такихъ большихъ количествахъ, какъ натрій. Главнѣйшими природными соединеніями калія являются различные *силикаты калія* съ другими металлами, главнымъ образомъ, *алюминіемъ*, а также *кальціемъ* и *магніемъ*. Каліевые силикаты, на ряду съ натріевыми, являются весьма распространенными веществами и входятъ въ составъ горныхъ породъ, образующихъ земную кору. При вывѣтриваніи горныхъ породъ калій такъ же, какъ и натрій, переходитъ въ растворимыя соединенія и поступаетъ въ почву, и такимъ образомъ въ почвѣ мало-по-малу скопляются соединенія калія. Соли калія являются весьма важнымъ питательнымъ веществомъ для растеній. При естественныхъ условіяхъ, имѣющихъ мѣсто въ природѣ, убыль каліевыхъ солей въ почвѣ возмѣщается постепенно процессомъ вывѣтриванія калійныхъ силикатовъ; но при усиленной выгонкѣ растеній, что

имѣетъ мѣсто въ сельскомъ хозяйствѣ, калійныя соли расходуются въ большемъ количествѣ сравнительно съ ихъ приростомъ, а потому почва мало-по-малу бѣднѣетъ солями калія. Чтобы пополнить ихъ недостатокъ въ пахотной землѣ, приходится вводить калійныя соли искусственно, т.-е. удобрять почву солями калія.

Такъ какъ соединенія калія, какъ мы уже сказали ранѣе, находятся въ почвѣ въ видѣ растворимыхъ солей, то дождевыя и проточныя воды должны были бы вымывать ихъ изъ почвы, чего на самомъ дѣлѣ не наблюдается. Это явленіе объясняется тѣмъ, что почвы обладаютъ способностью поглощать и упорно удерживать въ себѣ соли калія въ то время, какъ соли натрія ими почти не задерживаются, легко вымываются изъ почвы и уносятся рѣками въ моря. Это служитъ одною изъ причинъ, почему въ морской водѣ гораздо болѣе натріевыхъ солей, чѣмъ каліевыхъ. При выпариваніи морской воды, какъ это имѣетъ мѣсто при полученіи изъ нея поваренной соли, каліевыя соли остаются вмѣстѣ съ магнезіальными въ маточныхъ растворахъ, послѣ того какъ большая часть поваренной соли будетъ выдѣлена.

Какъ мы уже выше сказали, растенія для своего питанія нуждаются въ соляхъ калія, а потому этотъ элементъ всегда содержится въ растеніяхъ. При сжиганіи растеній, остающаяся зола содержитъ, главнымъ образомъ, углекислую соль калія *(поташъ)*. Долгое время зола растеній, а также и маточные растворы, остающіеся послѣ выдѣленія изъ морской воды поваренной соли, служили единственными источниками полученія каліевыхъ солей. Но по мѣрѣ развитія промышленности росла и потребность въ каліевыхъ соляхъ, а потому необходимо было найти болѣе обильный и дешевый источникъ соединеній калія. Вслѣдствіе этого открытіе въ Стассфуртскихъ залежахъ, въ Германіи, огромнаго количества каліевыхъ солей и начавшаяся во второй половинѣ прошлаго столѣтія широкая ихъ разработка сыграли большую роль въ развитіи химической промышленности, равно какъ и въ области сельскаго хозяйства. Стассфуртскія копи снабжаютъ теперь солями калія не тольке всю Германію, но и другія государства. Изъ каліевыхъ солей, находящихся въ Стассфуртѣ, наиболѣе важными являются *хлористый калій, KCl*, извѣстный подъ названіемъ минерала сильвина, а также цѣлый рядъ двойныхъ солей калія съ магніемъ, изъ которыхъ самою главною является карналитъ ($KCl.\ MgCl_2 + 6H_2O$).

Свободный **калій** получается точно такимъ же путемъ изъ своихъ соединеній, какъ и натрій. По своему внѣшнему виду, а

также по свойствамъ калій весьма походитъ на натрій. Онъ также представляетъ собою металлъ серебристо-бѣлаго цвѣта, блестящій, мягкій, какъ воскъ; онъ легче воды, плавится легко, кипитъ же при высокой температурѣ (темнокрасное каленіе), образуя зеленый паръ. Въ влажномъ воздухѣ калій такъ же не постоянъ, какъ и натрій, и даже легче окисляется, а потому его, какъ и натрій, сохраняютъ въ плотно закрытыхъ банкахъ подъ слоемъ нефти или какой-либо другой жидкости, не дѣйствующей на него. Брошенный на воду, онъ быстро разлагаетъ ее съ выдѣленіемъ водорода, при чемъ водородъ всегда загорается и даетъ пламя, окрашенное парами калія въ блѣдно-фіолетовый цвѣтъ. Въ общемъ металлическій калій болѣе энергиченъ, чѣмъ натрій, и легче, чѣмъ натрій, окисляется и вообще вступаетъ въ химическія реакціи.

Ѣдкое кали, или *водная окись калія*, *KOH*, готовится точно такимъ же образомъ, какъ и ѣдкій натръ, т.-е. кипяченіемъ раствора углекаліевой соли, или поташа, K_2CO_3, съ гашеною известью, и по своему внѣшнему виду и по свойствамъ представляетъ полнѣйшее сходство съ ѣдкимъ натромъ.

Кальцій—*Ca*. Ат. в. 40 и магній—*Mg*. Ат. в. 24.

Кальцій и магній—два легкихъ металла, близкихъ другъ къ другу. Какъ калій часто сопровождаетъ натрій, такъ магній обыкновенно является спутникомъ кальція. Послѣдній имѣетъ большее распространеніе въ природѣ, чѣмъ магній. Свободнаго кальція на землѣ нѣтъ; изъ соединеній же главнѣйшимъ является *углекислый кальцій*, или углекальціевая соль, $CaCO_3$, называемая нерѣдко углеизвестковою солью. Соль эта встрѣчается въ видѣ *мрамора*, *мѣла* и различнаго рода *известняковъ*, которые во многихъ мѣстностяхъ образуютъ пласты большой мощности, выступающіе нерѣдко на поверхность земли въ видѣ горъ и горныхъ цѣпей. Углекислый кальцій играетъ большую роль въ жизни растительныхъ, а главнымъ образомъ животныхъ организмовъ. Кораллы, раковины всевозможныхъ морскихъ и прѣсноводныхъ животныхъ, напр. устрицъ, улитокъ и проч., скорлупа раковъ и птичьихъ яицъ—все это представляетъ собою углекальціевую соль. Драгоцѣнный *жемчугъ* точно такъ же, какъ и *перламутръ*, которые добываются изъ раковинъ нѣкоторыхъ слизняковъ, представляютъ также углекислый кальцій. Мѣлъ, огромныя залежи котораго находятся во многихъ мѣстностяхъ земли, образовался въ давнопрошедшія времена изъ скорлупокъ чрезвычайно мелкихъ морскихъ жи-

вотныхъ, населявшихъ когда-то моря въ несмѣтныхъ количествахъ. Милліоны лѣтъ тому назадъ тѣ мѣста на землѣ, гдѣ теперь находятся мѣловыя горы, были покрыты моремъ. Изъ года въ годъ, въ теченіе многихъ вѣковъ, падали на дно моря скорлупки умершихъ морскихъ животныхъ—«корненожекъ» и постепенно образовали пласты огромной толщины углекальціевой соли. Съ теченіемъ времени поверхность земли измѣнилась; моря отступили; дѣйствіемъ подземныхъ силъ морское дно поднялось; появилась суша, и такимъ образомъ выдвинулись на поверхность земли мощные пласты мѣла. Въ наиболѣе чистомъ состояніи углекислый кальцій образуетъ минералъ, называемый *известковымъ шпатомъ*, встрѣчающійся нерѣдко въ видѣ хорошо образованныхъ кристалловъ ромбоэдра. Чистые и прозрачные, какъ стекло, кристаллы известковаго шпата, находимые въ Исландіи, носятъ названіе исландскаго шпата. Углекислый кальцій въ смѣси съ углекислымъ магніемъ образуетъ минералъ доломитъ, также имѣющій огромное распространеніе въ природѣ и нерѣдко образующій цѣлыя горы.

Другое соединеніе кальція, а именно *фосфорнокислый кальцій*, $Ca_3(PO_4)_2$, имѣетъ большое значеніе для жизни высшихъ позвоночныхъ животныхъ. Кости всѣхъ животныхъ, а также и человѣка, состоятъ, главнымъ образомъ, изъ фосфорнокислаго кальція. Если кость бросить въ огонь, то она сначала обугливается, затѣмъ уголь изъ нея выгораетъ и остается бѣлая масса фосфорнокальціевой соли. Въ природѣ встрѣчаются иногда большія скопленія фосфорнокислаго кальція, образовавшіяся преимущественно изъ костей допотопныхъ животныхъ. Всѣ подобнаго рода минералы, состоящіе изъ фосфорнокальціевой соли, носятъ общее названіе фосфоритовъ.

Въ соединеніи съ фторомъ кальцій образуетъ минералъ, называемый *плавиковымъ шпатомъ*, CaF_2. Въ видѣ сѣрнокислой соли, кальцій также очень распространенъ на землѣ. Въ безводномъ состояніи сѣрнокислый кальцій, $CaSO_4$, называется *ангидридомъ*, а въ соединеніи съ двумя частицами воды онъ образуетъ *гипсъ*, $CaSO_4 + 2H_2O$. Наконецъ, въ соединеніи съ кремневою кислотою, кальцій даетъ множество силикатовъ совмѣстно съ кремнекислыми солями другихъ металловъ, главнымъ образомъ калія, натрія, алюминія, магнія и желѣза. Обыкновенное *стекло* представляетъ по своему составу также двойной силикатъ кальція и натрія.

Соединенія кальція находятся во всякой прѣсной водѣ, а также въ водѣ морей и океановъ. Въ такихъ водахъ онъ находится въ видѣ гипса, или также въ видѣ *кислой* углекальціевой

соли, $Ca(HCO_3)_2$. Средняя углекальціевая соль, $CaCO_3$, въ водѣ совершенно не растворима; но если вода содержитъ въ растворѣ углекислый газъ, CO_2, то при его воздѣйствіи образуется кислая углекальціевая соль, $Ca(HCO_3)_2$, уже растворимая въ водѣ и очень не прочная. Если такой растворъ нагрѣть или даже просто оставить стоять долгое время на воздухѣ, то кислая соль распадается, при чемъ углекислый газъ выдѣляется, а средняя углекальціевая соль осаждается изъ раствора на стѣнкахъ сосуда въ видѣ тонкой корки. Вотъ почему природная вода при нагрѣваніи и кипяченіи часто образуетъ такъ называемую *накипь* (напримѣръ, въ самоварахъ, паровыхъ котлахъ). Присутствіе солей кальція въ водѣ обусловливаетъ ея *жесткость*.

Кальцій въ настоящее время готовится электролитическимъ способомъ (какъ и всѣ вообще легкіе металлы) изъ расплавленнаго хлористаго кальція, $CaCl_2$. Онъ представляетъ собою металлъ золотистаго цвѣта, блестящій и твердый; онъ ковокъ.

При накаливаніи на воздухѣ кальцій воспламеняется; окисляется на воздухѣ онъ и при обыкновенной температурѣ, вслѣдствіе чего свѣже отполированная поверхность куска кальція вскорѣ тускнѣетъ и черезъ нѣкоторое время покрывается плотною корою *окиси кальція*—CaO.

Воду кальцій разлагаетъ съ выдѣленіемъ водорода, обращаясь при этомъ въ *водную окись кальція* — $Ca(OH)_2$.

Окись кальція называется въ общежитіи известью и получается на практикѣ прокаливаніемъ мѣла или известняка. При накаливаніи въ особыхъ известково-обжигательныхъ печахъ известняки разлагаются съ выдѣленіемъ углекислаго газа, и въ результатѣ остается окись кальція:

$$CaCO_3 = CO_2 + CaO.$$

Окись кальція по внѣшнему виду извѣстна всѣмъ. Это—бѣлые, плотные куски, землистаго вида, которые обычно называются *негашеною известью*. Въ химическомъ отношеніи известь представляетъ собою довольно сильное основаніе (щелочь), которое, при дѣйствіи кислотъ, даетъ соли кальція и воду; напримѣръ:

$$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O.$$

Будучи смѣшана съ водою, окись кальція, CaO, соединяется съ нею, образуя **водную окись**, или гидратъ окиси **кальція**, при чемъ выдѣляется такъ много тепла, что часть воды обращается въ паръ:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

Такой процессъ называется *гашеніемъ извести*, и полученная водная окись кальція, $Ca(OH)_2$, называется *гашеною известью*, или просто *известкою*. Водная окись кальція, немного растворима въ водѣ, и такой растворъ обладаетъ ясными щелочными свойствами, т.-е. окрашиваетъ лакмусовую настойку въ синій цвѣтъ, нейтрализуетъ кислоты съ образованіемъ солей. Притягивая углекислый газъ изъ воздуха, известковая вода скоро мутится вслѣдствіе образованія углекальціевой соли:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

Известь имѣетъ большое практическое значеніе. Она употребляется въ смѣси съ пескомъ и водою для связыванія кирпичей другъ съ другомъ при кладкѣ каменныхъ зданій; примѣняется въ обширныхъ размѣрахъ для приготовленія цементовъ, во многихъ химическихъ производствахъ—въ металлургіи, для приготовленія бѣлильныхъ солей, въ стеклодѣліи и во многихъ другихъ случаяхъ.

Кромѣ кислорода кальцій очень легко соединяется съ другими элементами—хлоромъ, бромомъ, іодомъ, сѣрою и т. д., образуя соединенія, напр., $CaCl_2$, CaS и т. д.

На ряду съ соединеніями кальція, въ природѣ встрѣчаются соединенія другого металла—магнія, очень близкаго по своимъ свойствамъ къ кальцію. Соединенія магнія такъ же, какъ и соединенія кальція, распространены въ природѣ, но не играютъ такой большой роли въ жизни животныхъ и растеній, какъ соединенія кальція. Въ природѣ магній встрѣчается въ видѣ углекислой соли, или *магнезита*, $MgCO_3$. Въ соединеніи съ углекислымъ кальціемъ, углекислый магній, какъ мы уже говорили, образуетъ минералъ *доломитъ*. Въ соединеніи съ кремневою кислотою магній образуетъ цѣлый рядъ магнезіальныхъ силикатовъ, какъ, напримѣръ, *талькъ*, или жировикъ ($3MgO.4SiO_2$), *морскую пѣнку* ($2MgO.3SiO_2.2H_2O$), изъ которой дѣлаютъ мундштуки, и прочее. Изъ болѣе сложныхъ силикатовъ магнія можно указать *азбестъ*, или *горный ленъ* ($MgO.CaO.2SiO_2$), который находитъ разнообразное примѣненіе въ практикѣ. Въ видѣ *сѣрнокислой соли*, $MgSO_4$, а также въ видѣ *хлористаго соединенія*, $MgCl_2$, магній находится въ большихъ количествахъ въ Стассфуртскихъ соляныхъ залежахъ (въ Германіи), о которыхъ мы уже ранѣе упоминали. Сѣрнокислый магній и хлористый магній, какъ соли легко растворимыя въ водѣ, находятся въ небольшихъ количествахъ въ почвѣ и въ прѣсной водѣ, въ водѣ многихъ минеральныхъ источниковъ и соляныхъ озеръ, а главнымъ образомъ въ водѣ

морей и океановъ. Присутствіе магнезіальныхъ солей въ морской водѣ обусловливаетъ горькій вкусъ ея.

Магнезіальныя соединенія обыкновенно сопровождаютъ въ природѣ соединенія кальція, вслѣдствіе чего магній находится въ растеніяхъ, въ раковинахъ морскихъ животныхъ, а также и въ костяхъ животныхъ и человѣка, но всегда въ очень незначительныхъ количествахъ.

Металлическій **магній** впервые былъ полученъ *Бунзеномъ* электролизомъ сплавленнаго хлористаго магнія, и этимъ способомъ магній готовится въ настоящее время въ довольно значительныхъ количествахъ. Магній представляетъ собою серебристо-бѣлый, очень легкій металлъ. Онъ плавится и можетъ улетучиваться. На воздухѣ при обыкновенной температурѣ магній довольно постояненъ и не измѣняется, но будучи нагрѣтъ, загорается, выдѣляя бѣлый ослѣпительный свѣтъ, при чемъ продуктомъ горѣнія является окись магнія, MgO, представляющая собой бѣлый, чрезвычайно нѣжный, неплавкій, порошокъ.

Яркій свѣтъ, выдѣляемый при горѣніи магнія, происходитъ отъ накаливанія частицъ неплавкой окиси магнія. Свѣтъ горящаго магнія способенъ дѣйствовать на фотографическую пластинку, какъ и солнечный. Поэтому магній употребляютъ при фотографированіи, когда при сниманіи нельзя пользоваться дневнымъ свѣтомъ. При обыкновенной температурѣ магній не дѣйствуетъ на воду, но при кипяченіи разлагаетъ ее, выдѣляя водородъ и самъ превращаясь въ водную окись.

Въ химическомъ отношеніи магній очень схожъ съ кальціемъ. **Окись магнія**, MgO, обладаетъ основными свойствами, въ водѣ почти не растворима; оставленная въ соприкосновеніи съ водою на долгое время она медленно съ нею соединяется и даетъ *водную окись магнія*: $MgO + H_2O = Mg(OH)_2$.

Окись магнія, подъ именемъ *жженой магнезіи*, находитъ примѣненіе въ медицинѣ, а также въ промышленности, напримѣръ, для приготовленія огнеупорныхъ тиглей (горшковъ), магнезіальныхъ цементовъ и т. д. Окись магнія обладаетъ щелочными свойствами, что́ легко доказать, взбалтывая ее съ краснымъ лакмусовымъ растворомъ: при этомъ красный цвѣтъ лакмуса переходитъ въ синій. Безводная и водная окиси магнія нейтрализуютъ кислоты и, выдѣляя воду, даютъ соли, наприм.:

$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$$

Алюминій—*Al*. Ат. в. 27.

Въ соединеніи съ кремневою кислотою, а также съ окисями другихъ металловъ, алюминій входитъ въ составъ многихъ горныхъ породъ, образующихъ земную кору. *Глина*, имѣющая повсемѣстное распространеніе, представляетъ болѣе или менѣе чистую кремнекислую соль алюминія, а потому алюминій находится повсюду въ почвѣ и въ пахотной землѣ. Кромѣ того, алюминій встрѣчается въ природѣ въ видѣ окиси, различныхъ гидратовъ ея, а въ соединеніи съ фторомъ и натріемъ образуетъ минералъ *кріолитъ*, залежи котораго находятся въ Гренландіи.

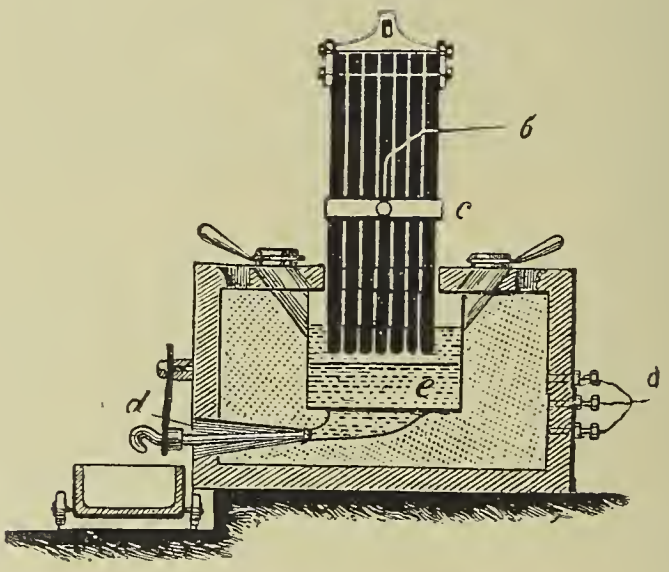


Рис. 47. Полученіе алюминія.

Металлическій алюминій въ настоящее время получаютъ почти исключительно электролитическимъ способомъ (рис. 47). Для этой цѣли берутъ окись алюминія, Al_2O_3: при высокой температурѣ, развиваемой проходящимъ черезъ нее электрическимъ токомъ высокаго напряженія, и въ присутствіи угля она плавится и разлагается затѣмъ на металлическій алюминій и кислородъ.

Алюминій представляетъ собой серебристо-бѣлый, блестящій металлъ. Онъ ковокъ и тягучъ, а потому его можно вытягивать въ тонкую проволоку и листы. Онъ только въ $2^1/_2$ раза тяжелѣе воды. Плавится при температурѣ темнокраснаго каленія. На воздухѣ онъ постояненъ и не окисляется, хотя тонкая проволока и листочки его при накаливаніи въ воздухѣ сгораютъ съ выдѣленіемъ яркаго свѣта, образуя окись алюминія.

Металлическій алюминій имѣетъ большія примѣненія въ практикѣ. Изъ него выдѣлываютъ разные мелкіе предметы, напр.: чайныя ложечки, портсигары и проч., которые благодаря серебристо-бѣлому цвѣту напоминаютъ по внѣшнему виду серебряныя, но по цѣнѣ значительно дешевле серебра. Съ удешевленіемъ производства алюминія стали готовить изъ него и многія вещи домашняго обихода, напр. кухонную посуду. Далѣе алюминій, благодаря своей легкости, употребляется для изготовленія такихъ предметовъ, отъ которыхъ требуется прочность и въ то же время возможная легкость; поэтому изъ него дѣлаютъ различныя вещи дорожнаго и походнаго снаряженія, главнымъ образомъ для военныхъ надобностей, напр. солдатскія манерки, полевые бинокли и трубы и проч. Большая будущность предстоитъ алюминію, какъ металлу очень легкому, въ техникѣ воздухоплаванія при устройствѣ всевозможнаго рода летательныхъ аппаратовъ, двигателей къ нимъ и проч. Въ видѣ тонкихъ листовъ алюминій примѣняется взамѣнъ листового серебра для серебренія предметовъ, при чемъ вещи, покрытыя алюминіемъ, имѣютъ еще и то преимущество предъ высеребренными, что не чернѣютъ въ воздухѣ, содержащемъ соединенія сѣры. Въ видѣ тонкаго порошка алюминій употребляется для бронзировки желѣзныхъ предметовъ, напр. чугунныхъ перилъ, проволокъ и проч., придавая имъ красивый видъ матоваго серебра.

Со многими металлами алюминій способенъ давать сплавы, обладающіе въ нѣкоторыхъ случаяхъ весьма цѣнными свойствами. Изъ сплавовъ алюминія употребительнымъ является сплавъ съ мѣдью, такъ называемая *алюмініевая бронза*. Сплавъ этотъ состоитъ изъ чистой мѣди съ 3—10% алюминія. Онъ имѣетъ красивый золотистый цвѣтъ и по внѣшнему виду мало отличается отъ золота. Поэтому алюминіевую бронзу примѣняютъ для выдѣлки дешевыхъ предметовъ украшенія подъ названіемъ «американскаго» золота, какъ, напримѣръ, для колецъ, цѣпочекъ крышекъ карманныхъ часовъ и т. п.

Алюминій обладаетъ свойствомъ растворяться въ кислотахъ и въ щелочахъ, выдѣляя водородъ и образуя въ первомъ случаѣ соли, а во второмъ—такъ называемые *алюминаты*.

При растореніи въ кислотахъ, напр., въ соляной, каждый атомъ алюминія, какъ оказывается, вытѣсняетъ 3 атома водорода;

$$Al + 3HCl = AlCl_3 + 3H.$$

Изъ этого мы видимъ, что алюминій—металлъ трехвалентный, а потому **окись** его имѣетъ составъ Al_2O_3. Окись алюминія называется нерѣдко *глиноземомъ* вслѣдствіе того, что входитъ въ

составъ глины. Въ чистомъ видѣ она образуетъ минералъ *корундъ*, безцвѣтные кристаллы котораго обладаютъ большою твердостью. Чистые и прозрачные кристаллы корунда, окрашенные въ синій цвѣтъ, называются *сапфирами*, въ красный—*рубинами*. Мелкозернистая разновидность корунда называется *наждакомъ* (или шмергелемъ) и вслѣдствіе своей твердости употребляется для полировки стекла и металловъ.

Водная окись алюминія, или водный глиноземъ, $Al(OH)_3$, получается дѣйствіемъ ѣдкихъ щелочей на растворы солей алюминія. Водная окись алюминія обладаетъ весьма замѣчательнымъ свойствомъ увлекать съ собою при осажденіи красящія вещества изъ раствора и удерживать ихъ въ себѣ. На этомъ свойствѣ водной окиси алюминія основано широкое примѣненіе алюминіевыхъ солей въ красильномъ и ситцепечатномъ дѣлѣ. Многія краски, хотя и окрашиваютъ ткани, но держатся на нихъ очень непрочно и при стиркѣ легко смываются, вслѣдствіе чего ткани, какъ говорятъ, *линяютъ*. Чтобы удержать краску на волокнахъ ткани—«втравить» ее въ ткань—и употребляютъ алюминіевыя соли, которыя поэтому называются *протравами*. Для того, чтобы окрасить прочно какую-нибудь ткань, ее предварительно пропитываютъ алюминіевою солью и затѣмъ наносятъ на нее краску. Какъ протрава въ красильномъ дѣлѣ часто употребляется наиболѣе важная изъ алюминіевыхъ солей—**квасцы.** Соль эта представляетъ изъ себя двойную соль сѣрнокислаго алюминія и сѣрнокислаго калія и имѣетъ составъ, выражаемый формулою: $Al_2SO_4 . K_2SO_4 + 24H_2O$. Соль эта безцвѣтна, въ холодной водѣ растворима значительно менѣе, чѣмъ въ горячей, а потому изъ горячаго насыщеннаго раствора выдѣляется, при его охлажденіи, въ хорошо образованныхъ кристаллахъ, имѣющихъ совершенно опредѣленную форму, извѣстную въ минералогіи подъ именемъ правильнаго *октаэдра*. При нагрѣваніи квасцовъ они плавятся и затѣмъ выдѣляютъ свою кристаллизаціонную воду, послѣ чего остается бѣлая пористая масса *жженыхъ квасцовъ*, которые находятъ примѣненіе въ медицинѣ. Въ настоящее время для протравъ употребляются многія другія соли алюминія, напр. уксуснокислая, сѣрнокислая и проч.

Изъ природныхъ соединеній алюминія важнѣйшимъ является **глина,** которая представляетъ по своему составу *водный силикатъ глинозема* (кремнекислую соль алюминія) $Al_2O_3 . 2SiO_2 + 2H_2O$. Глина образовалась въ природѣ вывѣтриваніемъ особаго минерала, называемаго полевымъ шпатомъ. Полевой шпатъ представляетъ двойную соль кремнекислаго алюминія и кремнекислаго калія и имѣетъ такой составъ $K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$. Подъ вліяніемъ со-

вмѣстнаго дѣйствія воздуха, воды и углекислоты, полевой шпатъ и сходныя съ нимъ породы подвергаются медленному разложенію *(вывѣтриванію)*. При этомъ процессѣ, который тянется многіе годы, полевой шпатъ разлагается, при чемъ изъ него образуются кремнекислый калій и кремнекислый алюминій, или глина. Кремнекислый калій, какъ соль растворимая въ водѣ, переходитъ въ растворъ, поступаетъ, такимъ образомъ, въ почву. Глина также не остается на мѣстѣ своего образованія. Проточныя воды уносятъ мало-по-малу мелкія частички глины, отлагаютъ ее въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ теченіе воды замедляется. Такимъ образомъ образуются залежи глины. Совершенно чистая глина отличается бѣлымъ цвѣтомъ и носитъ названіе *каолина*, или *фарфоровой глины*. Обыкновенно глина окрашена соединеніями желѣза въ желтобурый цвѣтъ и носитъ названіе *горшечной глины*. *Суглинкомъ* называется глина, содержащая въ себѣ много песку, а *мергелемъ*—глина, смѣшанная съ известнякомъ или доломитомъ.

Важнѣйшія соли.

Сода.

Одною изъ важнѣйшихъ солей натрія послѣ поваренной является **углекислый натрій**, Na_2CO_3, всѣмъ извѣстное вещество, такъ какъ подъ именемъ *соды* находитъ обширныя примѣненія въ техникѣ и въ обыденной жизни. Въ особенности много идетъ соды на производство стекла и мыла; въ обыденной жизни находитъ примѣненіе при стиркѣ бѣлья, въ хлѣбопеченіи и т. д.

Въ природѣ встрѣчается по берегамъ Каспійскаго моря и въ многочисленныхъ озерахъ подъ тропиками. Прежде считалась лучшею сода, добываемая въ Испаніи изъ приморскихъ растеній и находившая примѣненія во Франціи для приготовленія марсельскаго мыла.

Углекислый натрій представляетъ бѣлое вещество, легко растворимое въ водѣ. При обыкновенной температурѣ изъ раствора его въ водѣ выкристаллизовываются прозрачные, крупные кристаллы состава $Na_2CO_3.10H_2O$, которые легко «вывѣтриваются»—теряютъ воду. Это и будетъ с о д а. Водный растворъ соды имѣетъ сильно щелочную реакцію.

Въ виду недостатка естественной соды для нуждъ промышленности явилась необходимость въ искусственномъ ея полученіи. Такой способъ ея полученія былъ впервые найденъ французомъ Леблановъ и названъ по его имени способомъ Леблана. Въ настоящее время сода получается по тремъ спосо-

бамъ: Леблана, Сольвея и электролитическому, при чемъ способъ Сольвея, какъ болѣе дешевый, вытѣсняетъ способъ Леблана.

1) *Лебланóвскій способъ*, или процессъ Леблана, полученія соды состоитъ изъ трехъ реакцій. Сначала поваренную соль нагрѣваютъ съ крѣпкою сѣрною кислотою, при чемъ образуется соляная кислота и сѣрнонатріевая соль:

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl \qquad 1)$$

Затѣмъ сѣрнонатріевую соль сплавляютъ съ углемъ и известнякомъ; при сплавленіи происходятъ двѣ реакціи.

$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2 \qquad 2)$$
$$Na_2S + CaCO_3 = CaS + CO_3Na_2. \qquad 3)$$

Полученную спекшуюся массу выщелачиваютъ водою, при чемъ сода растворяется; изъ этого раствора ее получаютъ кристаллизаціей.

2) *Способъ Сольвея*, или иначе амміачный, состоитъ въ томъ, что холодный крѣпкій растворъ поваренной соли насыщается подъ давленіемъ амміакомъ и затѣмъ въ растворъ пропускается углекислый газъ, который съ амміакомъ образуетъ кислую углеаммоніевую соль: $NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$, а послѣдняя вступаетъ въ реакцію двойного обмѣна съ хлористымъ натріемъ, и получается двууглекислый натрій и нашатырь:

$$NaCl + NH_4HCO_3 = NH_4Cl + NaHCO_3.$$

При этомъ двууглекислый натрій выпадаетъ изъ раствора, такъ какъ мало растворимъ въ холодной водѣ. Наконецъ, эта соль разлагается прокаливаніемъ:

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O.$$

Выдѣляющійся углекислый газъ, CO_2, снова можетъ быть употребленъ въ дѣло; растворъ же NH_4Cl нагрѣвается съ окисью Mg для полученія NH_3.

3) *Электролитическій способъ* основанъ на томъ, что водный растворъ поваренной соли, $NaCl$, выдѣляетъ при электролизѣ на анодѣ хлоръ, а на катодѣ—натрій, который, разлагая воду, образуетъ *ѣдкій натръ* и водородъ. При пропусканіи въ растворъ ѣдкаго натра, полученный при электролизѣ, углекислаго газа, образуется сода.

Поташъ.

Углекислый калій, K_2CO_3, или поташъ, прежде добывался исключительно изъ древесной золы посредствомъ выщелачиванія водою и выпариванія раствора. У насъ, въ Россіи, и теперь

практикуется способъ полученія поташа изъ золы растеній; такъ, напримѣръ, въ восточныхъ губерніяхъ, гдѣ разводится много подсолнечника, стебли послѣдняго служатъ источникомъ полученія поташа. Для полученія поташа въ настоящее время употребляютъ также свекловичную патоку, овечій потъ шерстомоенъ, содержащія соединенія калія, а больше всего хлористый калій, изъ котораго поташъ одно время получался по способу Леблана (см. сода), а теперь этотъ способъ замѣненъ способомъ *Энгеля-Прехта*, какъ болѣе дешевымъ и простымъ. По этому способу получается поташъ изъ хлористаго калія въ Стассфуртѣ, гдѣ находятся огромныя его залежи.

Сущность этого способа такова: водный растворъ хлористаго калія, KCl, обрабатывается одновременно *нерастворимымъ* въ водѣ углекислымъ магніемъ, $MgCO_3$, и углекислымъ газомъ. Это приводитъ къ образованію особой—двойной углекислой соли калія и магнія, разложеніемъ которой и получаютъ поташъ.

Углекаліевая соль представляетъ порошокъ бѣлаго цвѣта, расплывающійся на воздухѣ и легко растворимый въ водѣ. Растворъ его имѣетъ сильно щелочную реакцію. Поташъ находитъ примѣненія при приготовленіи зеленаго (*медицинскаго*) мыла и тугоплавкаго стекла.

Азотнокислыя соли.

Изъ солей азотной кислоты, называемыхъ иначе селитрами, наиболѣе важны *натріевая* и *калієвая* ($NaNO_3$ и KNO_3). Вмѣстѣ съ магніевыми и кальціевыми селитрами онѣ образуются въ почвѣ при гніеніи азот-содержащихъ органическихъ остатковъ въ присутствіи щелочей, извести и магнезіи. Такое образованіе азотнокислыхъ солей происходитъ въ теплое время года, при достаточной влажности и большомъ доступѣ воздуха, подъ вліяніемъ особыхъ микроорганизмовъ («селитряный ферментъ»), зародыши которыхъ находятся въ воздухѣ. Эти микроорганизмы обладаютъ замѣчательною способностью соединять азотъ съ кислородомъ. Такія кислородныя соединенія азота, соединяясь, въ свою очередь, съ щелочами, известью и магнезіею, образуютъ селитры. Послѣднія растворяются въ почвенной водѣ и, поглощенныя изъ почвы корнями растеній, доставляютъ растеніямъ азотъ, необходимый для образованія растительнаго бѣлковаго вещества. Такимъ образомъ необходимыя для роста растеній азотистыя вещества безпрерывно образуются въ самой почвѣ; свободный же азотъ воздуха непосредственно растеніями не усваивается. Если почва содержитъ мало азотистыхъ веществъ, то

для лучшей урожайности ее удобряютъ, вводя въ нее вещества, богатыя азотомъ, напр. навозъ, селитру и т. д.

Въ нѣкоторыхъ почвахъ теплыхъ странъ селитры могутъ скопляться въ большихъ количествахъ, въ видѣ залежей. Такъ, въ Чили, на границѣ съ Перу, въ Южной Америкѣ, залежи **натріевой селитры**, мощностью отъ $^1/_4$ до 2 саженей, тянутся подъ поверхностнымъ слоемъ глины на протяженіи 120 миль. Эту селитряную землю перерабатываютъ на селитру, извѣстную въ продажѣ подъ названіемъ чилійской. Для этого селитряную землю выщелачиваютъ въ особыхъ аппаратахъ горячею водою, и полученному раствору даютъ кристаллизоваться. Эта такъ называемая «сырая селитра» содержитъ небольшую примѣсь другихъ солей. Для очищенія ее подвергаютъ вторичной кристаллизаціи; операцію повторяютъ до полученія химически чистой соли. Въ Россіи залежи натріевой селитры найдены въ Закаспійскомъ краѣ.

Кристаллы натріевой селитры, $NaNO_3$, безцвѣтны и не содержатъ кристаллизаціонной воды. Они имѣютъ видъ *ромбоэдровъ* (см. минералогію) (форма, близкая къ *кубу*), почему натріевую селитру еще иначе называютъ *«кубическою»*. Въ 100 вѣсовыхъ частяхъ воды при 0° растворяется 73 вѣсовыхъ части селитры, а въ такомъ же количествѣ кипящей воды—180 вѣсовыхъ частей. При нагрѣваніи до 316° селитра плавится; при дальнѣйшемъ повышеніи температура разлагается съ выдѣленіемъ кислорода, а потомъ и азота.

Селитра — тѣло, очень богатое кислородомъ; послѣдняго въ ней свыше 50%. Отдавая легко при возвышенной температурѣ свой кислородъ смѣшаннымъ съ нею тѣламъ, селитра является сильнымъ *окислительнымъ средствомъ*. Если смѣшать селитру съ измельченнымъ углемъ или сѣрою и привести смѣсь въ соприкосновеніе съ раскаленнымъ тѣломъ, коснувшись, напр., раскаленнымъ желѣзнымъ прутомъ, то эта смѣсь воспламеняется, при чемъ отдѣляется такъ много тепла, что начавшееся горѣніе продолжается само собою, не требуя дальнѣйшаго накаливанія, и происходитъ на счетъ кислорода селитры. На этомъ основано примѣненіе брикетовъ [1]), изготовленныхъ изъ смѣси угольной мелочи и селитры. Такіе брикеты продолжаютъ горѣть и безъ доступа воздуха, получая отъ селитры необходимый для горѣнія кислородъ. На этомъ же основано примѣненіе селитры для фабрикаціи пороха. Впрочемъ, натріевая селитра

[1]) Брикеты—каменноугольные кирпичи, приготовленные изъ угольной мелочи, смѣшанной съ дегтемъ, асфальтомъ, смолою, патокою и другими цементирующими веществами и затѣмъ спрессованной.

идетъ только на приготовленіе худшихъ сортовъ пороха, такъ какъ по причинѣ ея гигроскопичности [1]) порохъ сырѣетъ.

Натріевая селитра употребляется, главнымъ образомъ, въ качествѣ азотистаго удобренія. Большія количества ея перерабатываются на азотную кислоту и калійную селитру.

Каліевая селитра, KNO_3, встрѣчается повсюду въ почвѣ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Остъ-Индіи (Бенгалія, Цейлонъ) въ почвѣ содержится такъ много селитры (до 10%), что находятъ выгоднымъ добывать ее выщелачиваніемъ почвы. Въ Египтѣ, Персіи, Испаніи, Венгріи и другихъ странахъ калійную селитру добываютъ при помощи особыхъ «*селитряныхъ буртовъ*», или «селитряницъ». Рыхлую землю смѣшиваютъ съ хворостомъ, известью, мусоромъ, золою и разными отбросами, содержащими азотъ: навозомъ, мочою и т. п. Все это складываютъ въ кучи на открытомъ воздухѣ на глиняной, непроницаемой для воды, почвѣ и оставляютъ лежать, отъ времени до времени переворачивая, на мѣсяцы и годы. Затѣмъ снимаютъ верхній слой, который часто бываетъ весь пропитанъ кристаллами селитры, выщелачиваютъ водою и выкристаллизовываютъ сырую селитру, которую очищаютъ повторною кристаллизаціею.

Каліевая селитра обладаетъ различною растворимостью при разныхъ температурахъ. Растворъ ея, насыщенный при температурѣ кипѣнія (116°), содержитъ на 100 частей воды 335 частей соли, тогда какъ при 20° въ растворѣ можетъ удерживаться только 32 части. Поэтому, если охладить насыщенный при температурѣ кипѣнія растворъ селитры, то почти вся она выдѣляется въ видѣ кристалловъ. Такъ какъ большіе кристаллы въ трещинахъ заключаютъ нѣкоторое количество маточнаго раствора, содержащаго примѣси, то при очищеніи селитры избѣгаютъ полученія большихъ кристалловъ и ведутъ кристаллизацію при быстромъ охлажденіи, все время перемѣшивая растворъ, при чемъ получаютъ мелкіе кристаллы, называемые «*селитряною мукою*». Селитряную муку высушиваютъ на особыхъ сковородахъ и просѣиваютъ. Если желаютъ получить селитру въ большихъ кристаллахъ, то селитряную муку растворяютъ въ водѣ и подвергаютъ растворъ медленной кристаллизаціи.

Калійная селитра — безцвѣтная соль, имѣющая особый прохладительный вкусъ. Ея кристаллы представляютъ сочетаніе шестигранныхъ призмъ съ шестигранными пирамидами почему эту селитру еще иначе называютъ *призматическою*; они не содержатъ кристаллизаціонной воды. Въ противоположность на-

---

[1]) Гигроскопичность—способность притягивать изъ воздуха влагу.

тріевой селитрѣ, калійная селитра не гигроскопична. При нагрѣваніи до 339° она плавится въ безцвѣтную жидкость, а при болѣе сильномъ нагрѣваніи распадается, подобно натріевой селитрѣ, выдѣляя сперва кислородъ, а потомъ и азотъ. Каліевая селитра такой же сильный окислитель, какъ и натріевая. Кислорода въ ней ок. 50%. Поэтому она является превосходнымъ матеріаломъ для приготовленія пороха.

Порохъ представляетъ механическую смѣсь мелко измельченныхъ селитры (75%), сѣры (12%) и угля (13%). Эта смѣсь загорается при нагрѣваніи до 300°, отъ удара и искры. При горѣніи пороха, сопровождающемся выдѣленіемъ большого количества тепла, быстро образуются газы, преимущественно азотъ и углекислый газъ, объемъ которыхъ болѣе, чѣмъ въ 1000 разъ превышаетъ объемъ сгорѣвшаго пороха. Стремясь расшириться, газы, при отсутствіи свободнаго выхода, производятъ громадное давленіе. На этомъ основано дѣйствіе пороха. Для приготовленія пороха употребляютъ самую чистую каліевую селитру, такъ какъ даже самая незначительная примѣсь натріевыхъ, известковыхъ и магнезіальныхъ солей дѣлаютъ селитру, а стало-быть, и порохъ, уже способными притягивать влагу. Эта селитра употребляется также для приготовленія фейерверковъ и для соленія мяса.

Растворяя серебро въ азотной кислотѣ и выпаривая растворъ, получаютъ кристаллы **азотнокислаго серебра,** $AgNO_3$, очень хорошо растворимаго въ водѣ. Расплавленное, оно отливается въ формы и въ видѣ «палочекъ» поступаетъ въ продажу подъ именемъ *ляписа*. Въ медицинѣ примѣняется какъ прижигающее средство.

Соли сѣрной кислоты.

Сѣрнонатріевая соль, Na_2SO_4, нерѣдко встрѣчается въ природѣ большими залежами въ видѣ твердой соли, напр., на Кавказѣ вблизи Тифлиса, на днѣ нѣкоторыхъ озеръ въ Кубанской области, въ Сибири близъ Томска, въ Испаніи близъ Мадрида и т. д. Въ растворенномъ видѣ она содержится въ водѣ нѣкоторыхъ озеръ, въ морской водѣ и во многихъ минеральныхъ водахъ (напр. въ Карлсбадской).

Сѣрнонатріевую соль большею частью готовятъ разложеніемъ поваренной соли сѣрною кислотою при нагрѣваніи въ особыхъ печахъ. При этомъ образуются сѣрнонатріевая соль и хлористоводородный газъ (стр. 203); послѣдній пропускаютъ въ сосуды съ водою, въ которой онъ легко растворяется, образуя соляную кислоту. Кромѣ того, сѣрнонатріевая соль получается какъ побочный продуктъ при добываніи азотной кислоты изъ чилійской селитры,

которую для этого нагрѣваютъ съ сѣрною кислотою (стр. 187). Безводную, прокаленную, сѣрнонатріевую соль въ торговлѣ зовутъ «*сульфатомъ*», у насъ иногда «*огарками*». Безводная соль встрѣчается въ природѣ въ видѣ минерала тенардита, безцвѣтные кристаллы котораго представляютъ сочетаніе призмы съ двумя пирамидами.

При температурахъ ниже 32,5° изъ насыщеннаго раствора выпадаютъ большіе, прекрасно образованные, кристаллы сѣрнонатріевой соли съ 10 частицами воды, называемые обыкновенно *глауберовою солью*.

Замѣчательно, что если насыщенный растворъ сѣрнонатріевой соли охлаждать, предохранивъ отъ пыли воздуха и отъ толчковъ, то такой растворъ при обычныхъ условіяхъ не кристаллизуется, хотя содержитъ вещества болѣе, чѣмъ сколько въ немъ можетъ раствориться при данной температурѣ. Но если въ этотъ, такъ называемый пересыщенный, растворъ бросить кристалликъ десятиводной соли, то происходитъ быстрое выдѣленіе кристалловъ этой соли, и весь растворъ сразу закристаллизовывается, при чемъ онъ замѣтно нагрѣвается.

Сѣрнонатріевая соль находитъ примѣненіе въ медицинѣ, какъ средство противъ пищеварительныхъ разстройствъ. Въ техникѣ она употребляется для приготовленія соды по Леблановскому способу, а также при фабрикаціи стекла и ультрамарина.

Сѣрномагніевая соль, $MgSO_4$, образуетъ въ Стассфуртѣ значительныя залежи въ видѣ минерала кизерита и входитъ въ составъ морской воды и многихъ минеральныхъ источниковъ.

Искусственное ее можно получить растворѐніемъ въ сѣрной кислотѣ магнезіи и магнезита и кристаллизаціею раствора.

Изъ водныхъ растворовъ сѣрномагніевая соль кристаллизуется обыкновенно въ кристаллахъ съ 7-ю частицами воды. Эта семиводная соль называется *англійскою*, а также вслѣдствіе горькаго вкуса—*горькою солью*; на кишечникъ она дѣйствуетъ аналогично глауберовой соли, почему употребляется въ медицинѣ, какъ слабительное.

Но, въ зависимости отъ температуры раствора, сѣрномагніевая соль можетъ кристаллизоваться въ нѣсколькихъ различныхъ формахъ съ содержаніемъ отъ 1 до 12 частицы воды.

Сѣрнокальціевая соль, $CaSO_4$, иначе называемая сѣрноизвестковою солью, сѣрнокислымъ кальціемъ, въ природѣ встрѣчается или въ видѣ *гипса*, кристаллизующагося съ двумя частицами воды, $CaSO_4 . 2H_2O$, или, рѣже, въ видѣ безводнаго *ангидрида*. Въ незначительномъ количествѣ эта соль содержится почти во всякой водѣ, благодаря своей, хотя и слабой, растворимости: одна часть гипса растворяется въ 400 частяхъ воды.

Въ видѣ твердой горной породы гипсъ образуетъ или отдѣльныя залежи, гнѣзда, жилы, или цѣлые горные кряжи, какъ, напр., на южной окраинѣ Гарца. Иногда гипсъ настолько плотенъ и крѣпокъ, что имъ можно пользоваться прямо въ качествѣ строительнаго камня: изъ него построено немало старинныхъ домовъ въ Парижѣ и другихъ городахъ. Наиболѣе чистыя разновидности гипса—полупрозрачный *селенитъ*, бѣлый гипсъ, а также мраморообразный съ окрашенными жилками—служатъ для вытачиванія статуэтокъ и разныхъ бездѣлушекъ вмѣсто мрамора, болѣе твердаго и труднѣе поддающагося обработкѣ. Встрѣчаются и другіе виды гипса—волокнистый, пластинчатый, зернистый, шпатовый, — различающіеся своимъ сложеніемъ.

При слабомъ прокаливаніи до 110° гипсъ теряетъ $^3/_4$ своей кристаллизаціонной воды, при чемъ получается полуводное соединеніе, называемое *жженымъ гипсомъ*, или *алебастромъ*. При смѣшиваніи съ водою жженый гипсъ жадно соединяется съ послѣднею, образуя вновь двуводное соединеніе; при этомъ масса, слегка разогрѣваясь, застываетъ и спустя короткое время затвердѣваетъ. На этомъ основано примѣненіе жженаго гипса для производства лѣпныхъ украшеній и для съемки формъ съ предметовъ и художественныхъ произведеній. Какъ особая отрасль промышленности, производство гипсовыхъ отливокъ особенно процвѣтаетъ въ Италіи, гдѣ массами изготовляются копіи пластическихъ произведеній древняго и новаго искусства, раскупаемыя во всѣхъ странахъ земного шара.

Для приготовленія жженаго гипса *(алебастра)*, гипсъ обжигаютъ въ особыхъ печахъ при умѣренномъ нагрѣваніи. Сильно прокаленный («пережженый») гипсъ на нѣкоторое время совершенно теряетъ способность соединяться съ водою; но потомъ съ теченіемъ времени снова пріобрѣтаетъ эту способность, даже будучи обожженъ до краснаго каленія. Природный же *ангидридъ* совершенно не соединяется съ водой.

По свидѣтельству древнихъ писателей, гипсъ, какъ скульптурный матеріалъ, былъ извѣстенъ уже въ глубокой древности и употреблялся въ строительномъ дѣлѣ вмѣсто извести; нерѣдко еще и въ средніе вѣка имъ пользовались въ качествѣ цемента при постройкахъ.

Въ измельченномъ видѣ гипсъ примѣняется въ красильномъ, ситцепечатномъ и другихъ производствахъ, а также какъ дешевая примѣсь для поддѣлки крахмала, муки, свинцовыхъ бѣлилъ и проч.

Квасцы.

Сѣрноалюминіевая соль, $Al_2(SO_4)_3$, иначе называемая сѣрнокислымъ алюминіемъ (или сѣрнокислымъ глиноземомъ), наиболѣе употребительная изъ всѣхъ солей алюминія, вырабатывается въ громадныхъ количествахъ на многочисленныхъ заводахъ Германіи, Англіи, Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ и другихъ странъ. Ее готовятъ обыкновенно или изъ *фарфоровой глины*, или изъ *боксита*. Фарфоровую глину, или каолинъ, слабо прокаливаютъ, чтобы лишить «жирныхъ» свойствъ и сдѣлать пористою, и обрабатываютъ при слабомъ нагрѣваніи въ свинцовыхъ котлахъ сѣрною кислотою, при чемъ образуются сѣрнокислый алюминій и нерастворимая въ водѣ кремневая кислота. Отъ выдѣленія послѣдней вся масса, послѣ нѣкотораго стоянія, затвердѣваетъ. Выщелачиваніемъ водою этой массы получаютъ въ растворѣ сѣрноалюминіевую соль съ примѣсью сѣрнокислаго желѣза и другихъ солей. Выдѣлившуюся изъ раствора сѣрноалюминіевую соль очищаютъ кристаллизаціей. Сѣрноалюминіевая соль плохо кристаллизуется. Ея кристаллы въ видѣ прозрачныхъ листочковъ содержатъ 18 частицъ кристаллизаціонной воды и легко растворимы въ водѣ.

Сѣрнокислый алюминій съ сѣрнокислыми солями калія, натрія, аммонія, рубидія и др. легко образуетъ двойныя соли, называемыя **квасцами**. Всѣ эти соли кристаллизуются въ одинаковыхъ или близкихъ формахъ, обыкновенно въ октаэдрахъ (или кубахъ), и сходны по своему составу: на одну частицу сѣрноалюминіевой соли въ нихъ приходится одна частица сѣрнокислаго металла (калія, натрія и т. д.) и 24 частицы кристаллизаціонной воды. Онѣ сходны между собою и по химическимъ свойствамъ. Такія соли называются *изоморфными*.

Сѣрнокислыя соли окисей желѣза, хрома, марганца также даютъ съ сѣрнокислыми солями калія, натрія, аммонія и др. двойныя соли, по составу сходныя съ алюминіевыми квасцами и кристаллизующіяся съ такимъ же числомъ частицъ воды въ октаэдрахъ (или кубахъ). По свойствамъ онѣ сходны какъ между собой, такъ и съ глиноземными квасцами. Ихъ также называютъ квасцами: желѣзными, хромовыми, марганцовыми.

Изъ квасцовъ наиболѣе важны *калійные*, или *обыкновенные квасцы*, $Al_2(SO_4)_3 . K_2SO_4 . 24H_2O$. Они труднѣе растворяются въ водѣ, чѣмъ сѣрноалюминіевая и сѣрнокаліевая соли (1 ч. квасцовъ растворяется въ 7—8 ч. воды), почему изъ смѣси растворовъ этихъ солей, при достаточной ихъ крѣпости легко выдѣляются кристаллы квасцовъ, достигающіе иногда очень крупныхъ

размѣровъ (нѣсколькихъ сантиметровъ). При 100° квасцы теряютъ кристаллизаціонную воду, а при болѣе сильномъ нагрѣваніи—и часть сѣрной кислоты, при чемъ образуются основныя соли, называемыя *женными квасцами* и находящія примѣненіе въ медицинѣ. Квасцы обладаютъ вяжущимъ вкусомъ.

Въ прежнее время калійные квасцы были самою важною алюминіевою солью. Хотя сѣрнокислый калій квасцовъ во всѣхъ случаяхъ ихъ примѣненія не имѣлъ никакого значенія или даже былъ помѣхою, однако приходилось пользоваться этою солью по той причинѣ, что не знали другой соли алюминія, хорошо кристаллизующейся и легко отдѣляемой отъ примѣсей. Когда научились готовить изъ алюмината натрія чистый глиноземъ, а изъ него и чистый сѣрнокислый алюминій, квасцы потеряли прежнее значеніе, и въ разныхъ производствахъ съ каждымъ годомъ все болѣе и болѣе вытѣсняются сѣрноалюминіевою солью. Тѣмъ не менѣе и въ настоящее время производство квасцовъ еще очень значительно.

Приготовляютъ ихъ изъ встрѣчающагося въ природѣ *квасцоваго камня (алюнита)*—особенной двойной соли сѣрнокислаго калія и алюминія, изъ *квасцоваго сланца*, т.-е. глинистаго сланца, содержащаго прослойки желѣзнаго колчедана. Въ продажу квасцы поступаютъ или въ видѣ большихъ кристалловъ, или въ видѣ кристаллической муки, или въ видѣ твердой компактный кристаллической массы.

Какъ сѣрнокислый глиноземъ, такъ и глиноземные квасцы находятъ примѣненіе въ красильномъ дѣлѣ въ качествѣ глиноземныхъ протравъ. Роль протравъ, какъ уже знаемъ, сводится къ тому, что красящія вещества образуютъ съ воднымъ глиноземомъ нерастворимыя красивыхъ цвѣтовъ соединенія, называемыя глиноземными *лаками*. Поэтому, если на ткань, пропитанную растворомъ глиноземной соли или, какъ говорятъ красильщики, *протравленную*, нанести краску, то послѣдняя прочно держится на ткани и не линяетъ отъ стирки (ср. стр. 242).

Кромѣ того глиноземныя соли употребляются для квасцоваго дубленія кожъ, проклейки бумаги и для изготовленія водонепроницаемыхъ тканей.

Купоросы.

Купоросами называются вообще сѣрнокислыя соли химическаго состава $RSO_4 . XH_2O$, гдѣ R можетъ быть: закисное желѣзо, цинкъ, мѣдь, кобальтъ, никкель и др. металлы. Купоросы—кристаллическія вещества, легко растворимыя въ водѣ. Число частицъ воды, входящей въ составъ кристалла, т.-е. X, чаще

равно семи, но можетъ быть и меньше семи; такъ, напр., мѣдный купоросъ кристаллизуется съ 5-ю частицами воды. При накаливаніи купоросы легко отдаютъ свою кристаллизаціонную воду, но послѣдняя частица воды удаляется съ нѣкоторымъ трудомъ. Наиболѣе важными представляются купоросы: желѣзный, мѣдный и цинковый.

Желѣзный купоросъ, $FeSO_4 . 7H_2O$, можетъ быть полученъ (1) при раствореніи металлическаго желѣза въ сѣрной кислотѣ или (2) при дѣйствіи влажности и кислорода воздуха на предварительно обожженный колчеданъ, FeS_2—природное соединеніе желѣза съ сѣрою. При этомъ происходятъ слѣдующія химическія реакціи:

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2 \qquad 1)$$

$$\left.\begin{array}{l} FeS_2 + O_2 = FeS + SO_2 \\ FeS + 2O_2 = FeSO_4 \end{array}\right\} \qquad 2)$$

Въ техникѣ раствореніе желѣза (обыкновенно въ видѣ желѣзнаго «лома») производятъ въ свинцовыхъ сосудахъ или въ выложенныхъ свинцомъ деревянныхъ ящикахъ. Употребляютъ въ такихъ случаяхъ свинецъ, пользуясь его свойствомъ съ сѣрною кислотою давать сѣрнокислый свинецъ, нерастворимый ни въ водѣ, ни въ кислотахъ, при чемъ образовавшаяся на поверхности металла корка сѣрнокислаго свинца предохраняетъ металлъ отъ дальнѣйшаго дѣйствія сѣрной кислоты. Нагрѣваніе производятъ или на голомъ огнѣ, или паромъ, черезъ змѣевикъ.

При полученіи желѣзнаго купороса изъ колчедановъ, обожженный для извлеченія сѣры, въ видѣ сѣрнистаго газа SO_2, желѣзный колчеданъ раскладываютъ въ кучахъ на откосахъ или въ неглубокихъ ямахъ и образующійся отъ окисленія желѣзный купоросъ извлекаютъ водой. Полученный тѣмъ или другимъ способомъ растворъ подвергаютъ отстаиванію съ металлическимъ желѣзомъ, которое находящуюся всегда въ растворѣ окисную соль переводитъ въ закисную, т.-е. въ желѣзный купоросъ. Очищенный такимъ образомъ отъ грязи и окисныхъ соединеній растворъ выпариваютъ и переливаютъ въ кристаллизаторы, т.-е. сосуды, въ которыхъ соль выкристаллизовывается въ видѣ большихъ (моноклиноэдрическихъ) призмъ зеленаго цвѣта, почему желѣзный купоросъ называется еще *зеленымъ купоросомъ*. Растворимость его съ повышеніемъ температуры увеличивается. На воздухѣ, особенно растворенный въ водѣ, желѣзный купоросъ довольно легко окисляется, образуя бурую (основную) сѣрножелѣзную соль.

Желѣзный купоросъ находитъ обширныя примѣненія. При накаливаніи его, по уравненію—

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

—получается дымящая, такъ называемая *нордгаузенская* сѣрная кислота; примѣняется онъ также въ красильномъ дѣлѣ, для приготовленія чернилъ, для очищенія свѣтильнаго газа, для возстановленія золота изъ его растворовъ, какъ дешевое дезинфекціонное средство.

Мѣдный купоросъ, $CuSO_4 . 5H_2O$, получается при растореніи въ сѣрной кислотѣ металлической мѣди, окиси мѣди, углемѣдной соли. Въ техникѣ пользуются мѣдными стружками, опилками и др. мѣдными отбросами, растворяя ихъ въ разбавленной сѣрной кислотѣ или въ крѣпкой при нагрѣваніи до 40°—80° Ц. Мѣдный купоросъ образуется по уравненію:

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2.$$

Эта же соль можетъ быть получена осторожнымъ обжиганіемъ при свободномъ доступѣ воздуха сѣрнистыхъ соединеній мѣди, какъ природныхъ (мѣдный блескъ, мѣдный колчеданъ), такъ и искусственныхъ, полученныхъ накаливаніемъ мѣди съ сѣрою въ закрытыхъ пламенныхъ печахъ. Мѣдный купоросъ кристаллизуется съ 5 частицами воды въ видѣ синихъ кристалловъ; отсюда названіе — *синій купоросъ* (трехклиномѣрной системы). 100 частей воды растворяютъ при 20°—42,31 ч. и при 100°—203,32 ч. соли. Уже на воздухѣ кристаллическая соль теряетъ 2 частицы воды, при 100°—еще 2 частицы. Безводная получается при нагрѣваніи водной соли до 220° въ видѣ бѣлаго порошка, поглощающаго воду.

Употребляется мѣдный купоросъ въ красильномъ дѣлѣ (для приготовленія мѣдныхъ красокъ), для покрытія мѣдью металловъ при помощи гальваническаго тока, въ виноградарствѣ—для уничтоженія вреднаго грибка на виноградной лозѣ и въ медицинѣ, чаще всего какъ наружное средство.

Цинковый купоросъ, $ZnSO_4 . 7H_2O$, приготовляется или обжиганіемъ цинковой обманки (минерала, состоящаго изъ сѣрнистаго цинка, ZnS, съ примѣсями), окисляющейся при этомъ въ сѣрнокислый цинкъ, или растореніемъ въ сѣрной кислотѣ цинка, окиси цинка, углецинковой соли и другихъ цинковыхъ соединеній. Кристаллизуется въ безцвѣтныхъ (ромбическихъ) кристаллахъ съ 7 част. воды. Уже на воздухѣ часть воды «вывѣтривается» и пріобрѣтаетъ бѣлый цвѣтъ (*бѣлый купоросъ*). При нагрѣваніи до 100° цинковый купоросъ теряетъ 6 частицъ воды, послѣдняя же частица удаляется съ большимъ трудомъ. Растворимость кристаллической соли при 20°—161,49 ч., при 100°—653,59 ч.

Употребляется какъ примѣсь къ маслянымъ краскамъ для ускоренія ихъ высыханія, для пропитыванія дерева съ цѣлью предохраненія отъ гніенія, въ медицинѣ весьма часто, какъ противовоспалительное средство.

ПЕРІОДИЧЕСКАЯ (ЕСТЕСТВЕННАЯ) СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВЪ.

Выше (стр. 142) была представлена таблица т. наз. *атомныхъ вѣсовъ* нѣкоторыхъ элементовъ и было указано, что войти въ подробности, какъ опредѣляются эти атомные вѣсы, невозможно. Къ сожалѣнію, мы и теперь этого сдѣлать не можемъ, какъ вслѣдствіе сложности самой задачи, такъ и по недостатку мѣста. Но атомный вѣсъ - величина чрезвычайно важная; чтобы оцѣнить его значеніе, лучше всего взглянуть, какъ можно пользоваться атомными вѣсами для установленія связи между различными элементами—для систематики или *классификаціи* элементовъ.

Кое-что въ этомъ направленіи нами уже отмѣчено. Такъ, при галоидахъ было обращено вниманіе (стр. 207) на ту послѣдовательность въ измѣненіи свойствъ фтора, хлора, брома и іода, которая найдена опытно и согласуется съ возрастаніемъ атомнаго вѣса. Въ статьяхъ о сѣрѣ (стр. 211) и о фосфорѣ (стр. 216) также указывалось (см. примѣч.) на существованіе естественныхъ группъ. И эти особенности галоидовъ, а равно элементовъ группы кислорода (кислородъ, сѣра, селенъ и теллуръ) и азота (азотъ, фосфоръ, мышьякъ и сурьма) были замѣчены химиками очень давно. Но вѣдь это только 12 элементовъ; какъ же быть съ остальными, которыхъ въ настоящее время извѣстно до 60?

Ученый Дёберейнеръ полагалъ, что всѣ элементы можно разбить на большое число группъ, при чемъ каждая такая группа будетъ состоять изъ 3 элементовъ. Три элемента, составляющіе такую группу—тріаду—связаны между собою такими свойствами: 1) атомный вѣсъ одного изъ нихъ есть *среднее ариѳметическое* атомныхъ вѣсовъ двухъ другихъ элементовъ и 2) свойства *постепенно* измѣняются отъ элемента съ меньшимъ атомнымъ вѣсомъ къ элементу съ наибольшимъ атомнымъ вѣсомъ. Дѣйствительно, взявъ тріаду—хлоръ, бромъ, іодъ, мы будемъ наблюдать, какъ уже говорилось, постепенное измѣненіе свойствъ отъ хлора къ іоду и, кромѣ того, атомный вѣсъ средняго элемента *приблизительно* равенъ среднему ариѳметическому: $\frac{35{,}46\ (Cl)+126{,}92\ (I)}{2}=81{,}19$ — число, близкое къ атомному вѣсу брома. Такихъ тріадъ было найдено нѣсколько; но всѣ эле-

менты размѣстить въ тріады оказалось невозможнымъ. Кромѣ того, мы только что видѣли, что небольшія естественныя группы составляютъ четыре элемента, а не три.

Но мысль о томъ, что должна существовать связь — и связь тѣсная—между свойствами элементовъ и ихъ атомными вѣсами, съ той поры никогда не покидала химиковъ. Разныя попытки въ этомъ направленіи дѣлались; удачнѣе всѣхъ прочихъ разсмотрѣлъ этотъ вопросъ англичанинъ Ньюлендсъ. Расположивъ всѣ элементы въ одинъ непрерывный рядъ по возрастающимъ атомнымъ вѣсамъ, онъ замѣтилъ, что каждому элементу этого ряда имѣется подобный, отдѣленный отъ него *шестью* промежуточными элементами. Въ самомъ дѣлѣ, напишемъ элементы въ рядъ по возрастающимъ атомнымъ вѣсамъ:

водородъ	литій	бериллій	боръ	углеродъ	азотъ	кислородъ
(H)	*Li*	*Be*	*B*	*C*	*N*	*O*
1	7	9	11	12	14	16

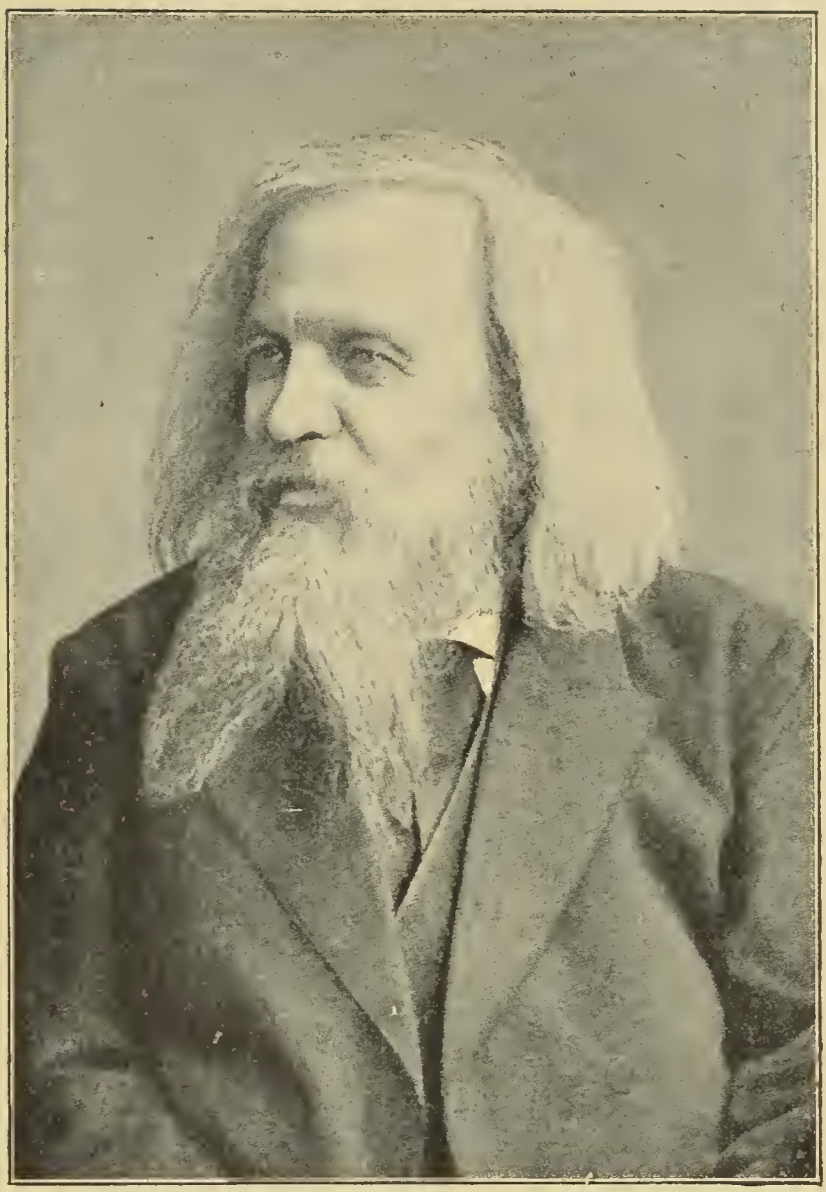
фторъ	натрій	магній	алюминій	кремній	фосфоръ	сѣра
F	*Na*	*Mg*	*Al*	*Si*	*P*	*S*
19	23	24	27	28	31	32

хлоръ	калій	кальцій	
Cl	*K*	*Ca*	и такъ далѣе.
35,5	39	40	

Такъ какъ водородъ представляется элементомъ исключительныхъ свойствъ, то его мы оставимъ внѣ разсмотрѣнія. Если, затѣмъ, мы замѣтимъ литій, то черезъ 6 элементовъ найдемъ натрій, а еще черезъ 6—калій и т. д. То же самое относительно углерода и кремнія, азота и фосфора, фтора и хлора и т. д. И это явленіе будетъ повторяться и дальше; такъ, фосфору будутъ соотвѣтствовать мышьякъ, сурьма и др., а хлору—бромъ, іодъ и др. Это явленіе *Ньюлендса* называлъ закономъ октавъ.

Не трудно видѣть, что этотъ законъ обнаруживаетъ *періодическое измѣненіе свойствъ:* черезъ 6 элементовъ свойства повторяются, но не раньше. Вскорѣ послѣ этого, два ученыхъ одновременно и независимо другъ отъ друга открыли то же явленіе періодическаго измѣненія свойствъ элементовъ по мѣрѣ нарастанія ихъ атомнаго вѣса. Это были *Лотаръ Мейеръ* въ Германіи и знаменитый русскій ученый *Дмитрій Ивановичъ Менделѣевъ.*

Оба эти ученые нашли, что всѣ элементы могутъ быть расположены въ *восьми вертикальныхъ группахъ,* при чемъ элементы каждой группы аналогичны другъ другу въ своихъ физическихъ и химическихъ свойствахъ.



Но въ то время какъ Лотаръ Мейеръ обратилъ исключительное вниманіе на физическія свойства элементовъ, какъ-то: плавкость, летучесть, удѣльный вѣсъ и прочее, Менделѣевъ при составленіи періодической системы элементовъ руководился, кромѣ того, *формами* и *свойствами* химическихъ соединеній, образуемыхъ элементами, особенно съ H-мъ и O-мъ. Разница тѣхъ основаній, по которымъ была составлена таблица, сказалась въ томъ, что нѣкоторые элементы Лотаромъ Мейеромъ были поставлены не въ тѣ группы, въ которыхъ имъ слѣдовало бы быть по своимъ химическимъ свойствамъ, тогда какъ Менделѣеву, руководившемуся ихъ химическими свойствами и аналогіями, удалось расположить ихъ въ надлежащія группы.

Менделѣевъ, замѣтившій такія соотношенія между атомными вѣсами элементовъ и ихъ свойствами, формулировалъ ихъ въ видѣ слѣдующаго закона періодичности:

> *свойства элементовъ, а также свойства и формы ихъ соединеній находятся въ періодической зависимости (составляютъ періодическую функцію) ихъ атомныхъ вѣсовъ.*

Группировка элементовъ въ первоначальномъ ея видѣ (около 1874 года) можетъ быть представлена въ слѣдующей таблицѣ:

Таблица I.

	I группа.	II группа.	III группа.	IV группа.	V группа.	VI группа.	VII группа.	VIII группа.
Н.-соед.	—	—	—	RH_4	RH_3	RH_2	RH	(R_2H)
Высш. сол. окислы	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	$(RO_4\ RO_2\ RO)$
Пер. ряд.	H 1							
1-й 1-й	Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	Fl 19	
2-й 2-й	Na 23	Mg 24	Al 27,3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	
3-й 3-й	K 39	Ca 40	? 45	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 58 Ni 58
3-й 4-й	Cu 63	Zn 65	? 69	? 72	As 75	Se 78	Br 80	
4-й 5-й	Rb 85	Sr 87	Y 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	—	Ru 104 Rh 104 Pd 106
4-й 6-й	Ag 108	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	I 127	
5-й 7-й	Cs 132	Ba 137	La 139	Ce 140	Di 144	—	—	
5-й 8-й	—	—	—	—	—	—	—	
5-й 9-й	—	—	Er 178	—	Ta 182	W 184	—	Os 195 Ir 197 Pt 198
5-й 10-й	Au 199	Hg 200	Tl 204	Pb 207	B 208	—	—	
11-й	—	—	—	Th 231	—	Ur 240	—	

Въ этой таблицѣ буква R обозначаетъ вообще элементъ; формулы же R_2O, RO, R_2O_3 и т. д. суть формулы *характерныхъ* для этой группы *окисей*, RH_4, RH_3 и т. д.—*характерныя* для группы соединенія *съ водородомъ* (или съ галоидами, если элементъ, какъ, напр., марганецъ, *Mn*, въ VII-ой группѣ, не даетъ соединенія съ водородомъ).

Какъ видно изъ таблицы, въ періодической системѣ элементовъ водородъ стоитъ совершенно особо, но въ первой группѣ, хотя химическія его свойства и не походятъ на свойства металловъ 1 группы. Желѣзо, кобальтъ и никкель (*Fe*, *Co*, *Ni*) выдѣлены въ VIII гр., такъ какъ по своимъ химическимъ и физическимъ свойствамъ они не могутъ быть поставлены въ 1 группу, хотя по атомному вѣсу они должны были бы стоять именно въ этой группѣ; по той же причинѣ и въ виду сходства съ *Fe*, *Co* *Ni*, выдѣлены въ VIII-ю группу *Ru*, *Rh* и *Pd*, а также *Os*, *Jr* и *Pt*.

Кромѣ вертикальныхъ группъ элементы образуютъ въ то же время горизонтальные ряды. Эти-то ряды и представляютъ собою *періоды*. Д. И. Менделѣевъ предполагалъ различать *малые* и *большіе* періоды. Изъ таблицы видно, что въ каждый большой періодъ, напр. 3, непремѣннымъ образомъ входятъ элементы VIII группы, тогда какъ въ малыхъ періодахъ такихъ элементовъ нѣтъ. Элементы 1 ряда носятъ названіе **типическихъ**. Измѣненіе свойствъ происходятъ и въ группахъ, и въ рядахъ.

Въ группахъ порядокъ измѣненія свойствъ такой: свойства, характерныя для типическаго элемента, по мѣрѣ движенія внизъ по группѣ, ослабляются и могутъ даже замѣниться противоположными. Такъ, литій—сильно основной элементъ и ни въ какихъ условіяхъ кислоты не даетъ, тогда какъ находящееся въ той же I группѣ золото, *Au*, даетъ основную окись, но даетъ и кислоту—золотую. Въ VII, напр., группѣ фторъ съ кислородомъ даже вовсе не соединяется, представляетъ элементъ, способный образовать только кислоту, между тѣмъ марганецъ, *Mn*, въ однихъ соединеніяхъ съ кислородомъ основной элементъ, въ другихъ же—кислотный (марганцовая кислота). И такъ во всѣхъ группахъ.

Въ рядахъ измѣненія свойствъ иного порядка. Идя въ каждомъ рядѣ слѣва направо, мы будемъ постепенно переходить отъ элементовъ основного характера, каковы литій, натрій, калій и т. д., къ элементамъ все менѣе основнымъ и придемъ къ кислотнымъ, каковы фторъ, хлоръ и т. д. У середины ряда, около IV группы, часто наблюдается двойственное поведеніе элемента; таковъ, напр., алюминій, *Al*.

Въ разсматриваемой таблицѣ стоятъ вопросительные знаки; ихъ въ свое время поставилъ Д. И. Менделѣевъ, предположивъ,

что на этихъ мѣстахъ должны стоять *новые*, неоткрытые еще *элементы*, для которыхъ, однако, онъ *предсказалъ* атомные вѣса, (45, 69 и 72), удѣльные вѣса и цѣлый рядъ свойствъ. Предсказанія Д. И. Менделѣева блестяще подтвердились: всѣ три предсказанные имъ элемента были открыты и извѣстны съ тѣхъ поръ подъ именемъ скандія, въ честь скандинавскаго полуострова, галлія (въ честь Франціи) и германія (въ честь Германіи).

Замѣчательныя по результатамъ, геніальныя по замыслу, изслѣдованія Д. И. Менделѣева показали такимъ образомъ, что, пользуясь закономъ періодичности, можно предсказать существованіе новыхъ элементовъ. Но это не все. Опредѣленія атомныхъ вѣсовъ представляютъ иногда такія трудности, что каждый ученый получаетъ иной атомный вѣсъ, хотя и близкій къ числамъ, полученнымъ другими. Д. И. Менделѣевъ, при построеніи своей *естественной системы* элементовъ, для согласованія положенія элемента въ группѣ и ряду, не разъ измѣнялъ ихъ атомный вѣсъ. И опять болѣе точныя послѣдующія изслѣдованія подтверждали такія *исправленія атомныхъ вѣсовъ*.

Съ того времени идутъ непрерывныя опредѣленія атомныхъ вѣсовъ элементовъ съ цѣлью полученія наиболѣе достовѣрныхъ чиселъ. По совершенно понятнымъ причинамъ задачѣ этой придается чрезвычайно важное значеніе, такъ что на одномъ изъ химическихъ конгрессовъ образована международная комиссія, которая время отъ времени публикуетъ таблицу исправленныхъ атомныхъ вѣсовъ.

На таблицѣ II представлена періодическая система элементовъ въ современномъ ея видѣ.

Въ этой таблицѣ мы замѣчаемъ (кромѣ иныхъ, сравнительно небольшихъ, отличій отъ предыдущей) слѣдующее:

1) Имѣется новая группа, обозначенная нулемъ *(0)*; это—элементы, открытые въ концѣ прошлаго XIX вѣка, для которыхъ характерна неспособность вступать въ химическія соединенія съ другими элементами; всѣ они газообразны и носятъ названія *гелія (He), неона (Ne), аргона (Ar), криптона (Kr)* и *ксенона (X)*

2) Послѣднимъ членомъ II группы стоитъ знаменитый радій *(Ra)*, тоже открытіе конца прошлаго вѣка.

Сорокъ лѣтъ уже прошло со времени установки періодической системы элементовъ,—достаточный срокъ для испытанія, а потому можно вѣрить, что въ законѣ періодичности мы имѣемъ непреложную истину.

Таблица II.

Группа	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Н.-соед.	—	—	—	—	RH_4	RH_3	RH_2	RH	
Высш. сол. окислы	—	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4
Пер. ряд.									
	1-й	—	H 1,008	—	—	—	—	—	
1 м.	2-й	He 4,0	Li 7,0	Be 9,1	B 11,0	C 12,0	N 14,0	O 16,00	F 19,0	
2 »	3-й	Ne 19,9	Na 23	Mg 24,3	Al 27,1	Si 28,4	P 31,0	S 32,0	Cl 35,4	
1 б.	4-й	Ar 39,9	K 39,1	Ca 40,1	Sc 44,1	Ti 48,1	V 51,2	Cr 52,1	Mn 55,0	Fe 55,9, Co 59, Ni 59
	5-й	—	Cu 63,6	Zn 65,4	Ga 70	Ge 72,3	As 75,0	Se 79,2	Br 79,9	
2-й	6-й	Kr 81,8	Rb 85,3	Sr 87,6	Y 89,0	Zr 90,6	Nb 94	Mo 96,0	—	Ru 101,7, Rh 103, Pd 106,5
	7-й	—	Ag 107,9	Cd 112,4	In 114,8	Sn 119,0	Sb 120,2	Te 127	J 126,9	
3-й	8-й	X 128	Cs 132,9	Ba 137,4	La 138,9	Ce etc.	140—180	—	—	
	9-й	—	—	—	—	—	—	—	—	
4-й	10-й	—	—	—	Yb 173,0	—	Ta 181,0	W 184	—	Os 191, Ir 193,0, Pt 195,0
	11-й	—	Au 197,2	Hg 200,0	Tl 204,1	Pb 207,1	Bi 208	—	—	
5-й	12-й	—	—	Ra 226,4	—	Th 232,5	—	U 238,5	—	

Б. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМІЯ.

I. Что такое органическія соединенія и чѣмъ они отличаются отъ неорганическихъ.

Органическими соединеніями именуются такія химическія соединенія, въ составъ которыхъ входятъ углеродъ и водородъ; безъ нихъ органическое соединеніе немыслимо. Это—два элемента, составляющіе основу, ядро органическаго соединенія; къ нимъ, конечно, могутъ присоединяться другіе элементы, особенно кислородъ и азотъ, чрезъ что будутъ получаться болѣе сложныя тѣла, но и въ этихъ послѣднихъ ядромъ будетъ служить все-таки соединеніе углерода съ водородомъ. Вотъ почему органическія соединенія болѣе правильно называются углеводородными. Названіе «органическихъ» эти тѣла получили въ давнія времена по той причинѣ, что первыя изъ нихъ были извлечены изъ организмовъ животныхъ (напр., муравьиная кислота, мочевина и др.) и растительныхъ (напр., лимонная кислота, терпентинъ и др.). Тогда даже думали, что только организмы и могутъ приготовлять этого рода вещества, потому что имъ присуща жизненная сила. Въ 1828 г. знаменитый нѣмецкій химикъ Вёлеръ неожиданно получилъ въ лабораторіи мочевину; значитъ, не въ «жизненной силѣ» тутъ дѣло, значитъ,—можно получать искусственно, лабораторнымъ путемъ, эти вещества. Догадка эта быстро и блестяще подтвердилась; со времени открытія Вёлера прошло 83 года—и химики теперь располагаютъ сотнею тысячъ «органическихъ соединеній», полученныхъ въ лабораторіяхъ.

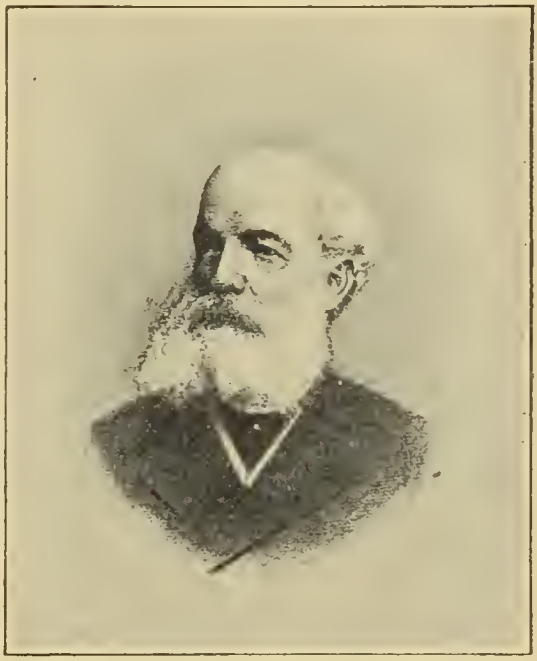
Та часть химіи, которая изучаетъ эти углеводородныя соединенія, и носитъ названіе *органической химіи*. Отдѣлена она отъ неорганической химіи отчасти ради удобства, потому что органическая химія—предметъ обширный, отчасти же потому, что много есть своеобразнаго въ этихъ углеводородныхъ соединеніяхъ. Основные законы химіи здѣсь дѣйствуютъ съ тою же строгостью, какъ и въ неорганическомъ ея отдѣлѣ; но къ нимъ присоединяются дополнительныя законности, которымъ въ неорганиче-

ской химіи нѣтъ мѣста; съ главными изъ нихъ мы познакомимся сейчасъ, пока же отмѣтимъ слѣдующую особенность: *разнообразіе неорганическихъ соединеній* обусловлено *большимъ числомъ элементовъ*, соединяющихся для ихъ образованія, тогда какъ *въ органическихъ соединеніяхъ огромное разнообразіе* зависитъ *отъ большаго числа способовъ*, которыми соединяются, напротивъ, немногіе элементы. Дальнѣйшее пояснитъ это положеніе.

II. Основанія теоріи строенія органическихъ соединеній.

Простѣйшими изъ органическихъ соединеній будутъ тѣ, которыя составлены только изъ углерода и водорода. Они существуютъ и въ природѣ, и искусственно получаются; ихъ правильно за такой составъ называютъ *углеводородами*.

Страннымъ на первый взглядъ представляется, что тотъ самый углеродъ, который съ кислородомъ могъ образовать *только два* соединенія—CO и CO_2, съ водородомъ можетъ образовать много, очень много соединеній. Это — первый вопросъ. Далѣе, оказывается, что среди множества полученныхъ химиками углеводородовъ не нашлось ни одного, гдѣ бы число атомовъ водорода было нечетно. Это—второй вопросъ.



Августъ Кекулэ (1829—1896), основатель теоріи строенія органическихъ соединеній.

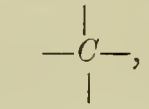
Нѣмецкій химикъ Кекулэ разрѣшилъ эти вопросы, построивъ слѣдующія двѣ гипотезы:

1. Углеродъ во всѣхъ органическихъ соединеніяхъ можетъ быть только *четырехвалентенъ*.

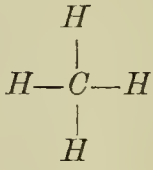
2. Углеродные атомы обладаютъ *способностью сцѣпляться* другъ съ другомъ.

Самый простой изъ углеводородовъ это—болотный газъ, CH_4. Если бы какими-либо средствами (а такія средства имѣются) мы отняли одинъ атомъ водорода, то оставшаяся группа CH_3 самостоятельно не можетъ существовать (1-я гипотеза), а сцѣпится съ другою такою же группою (2-я гипотеза). Можно представить себѣ

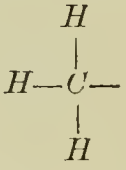
углеродный атомъ какъ бы имѣющимъ способность распредѣлять свойственный ему запасъ энергіи (а углеродный атомъ, какъ и атомъ всякаго другого элемента—*Cl*, *P* и т. д.—разумѣется, обладаетъ такимъ запасомъ энергіи) не болѣе, какъ въ *четырехъ* направленіяхъ, обладающимъ какъ бы четырьмя связями; это слѣдуетъ изъ того, что существуютъ такія соединенія, какъ CH_4, $CHCl_3$, CCl_4, но *не* существуетъ CH_5 и, тѣмъ болѣе, CH_6 и т. д. Въ механикѣ (вспомните сложеніе и разложеніе силъ) дѣйствія силъ графически представляются отрѣзками прямой линіи: величина этихъ послѣднихъ и ихъ направленіе даютъ представленіе о самихъ силахъ. Этимъ можно воспользоваться и здѣсь, представивъ себѣ, что изъ углероднаго атома направлены *четыре* силы, равныя по величинѣ; что же касается направленія, то *вѣроятнѣе* всего допустить, что эти четыре силы дѣйствуютъ во всѣ стороны симметрично. Тогда углеродный атомъ представится такъ:



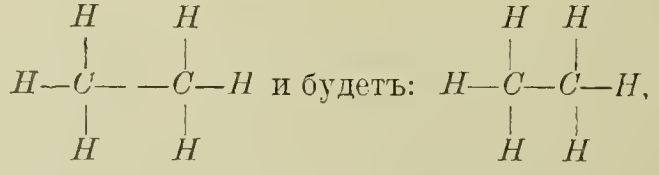
а простѣйшій углеводородъ—болотный газъ—можетъ быть представленъ такимъ образомъ:



Оторвать отъ него одинъ изъ водородовъ, это значитъ освободить одну изъ связей,—изъ силъ, которыми углеродный атомъ дѣйствуетъ; опытъ учитъ, что такая группа



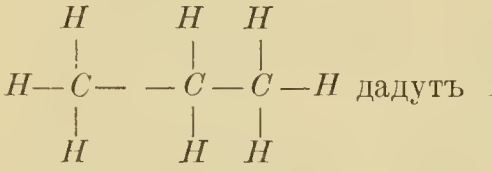
не можетъ существовать сама по себѣ, а встрѣтивъ другую такую же группу (все это происходитъ, разумѣется, въ неизмѣримо малый промежутокъ времени), соединится съ нею—



т.-е. получится новое тѣло—C_2H_6.

Если съ этимъ новымъ тѣломъ случится то же, т.-е. будетъ оторванъ атомъ водорода, тогда снова образуется новое тѣло—уже C_4H_{10}:

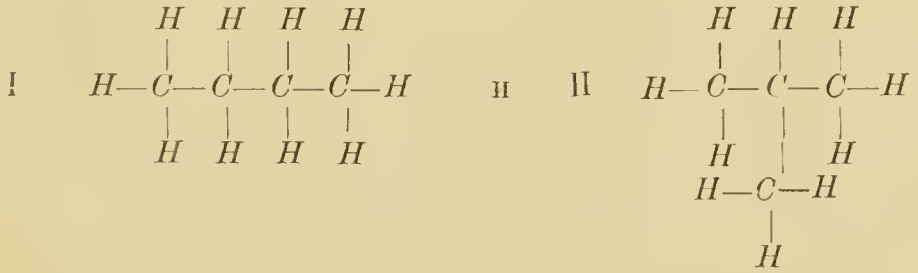
Въ первомъ случаѣ спаялись между собою два остатка CH_3, а во второмъ—C_2H_5; можно, конечно, допустить, что могутъ спаяться и два различные остатка:



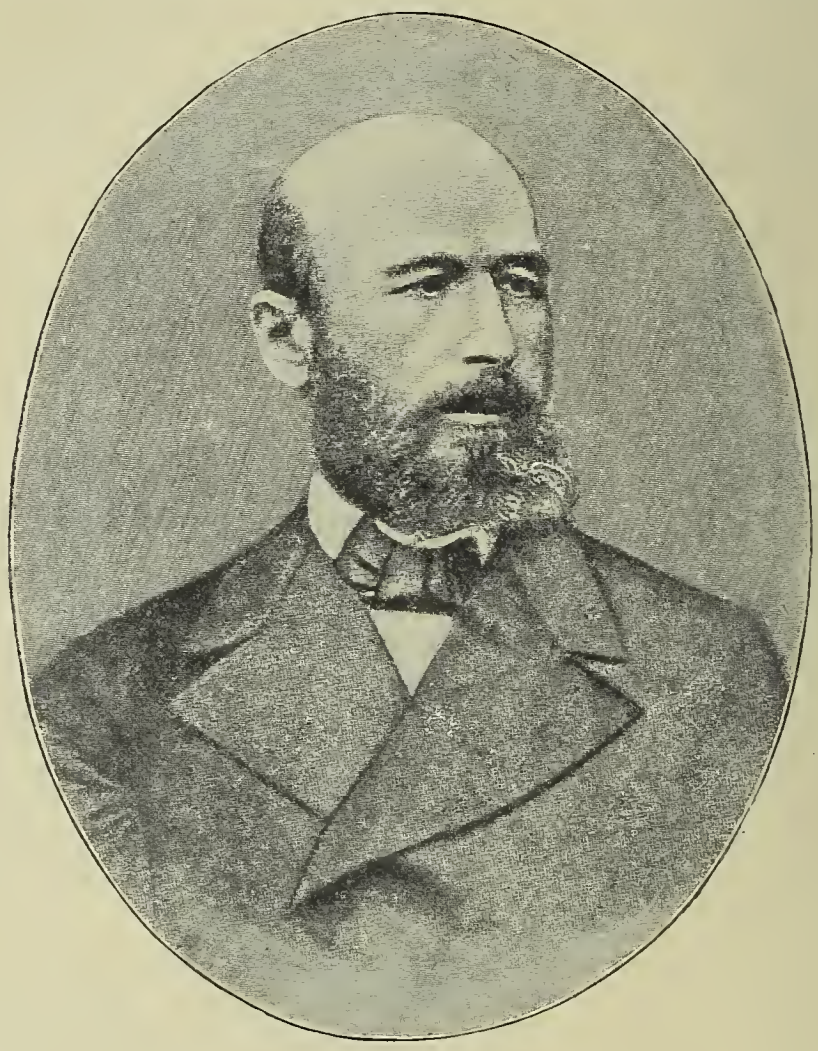
Получается тѣло $C_3\ H_8$.

Такимъ образомъ, допустивъ, что углеродный атомъ можетъ быть въ этихъ соединеніяхъ только *четырехвалентнымъ*, т.-е. обладаетъ четырьмя притяженіями, и что далѣе—углеродные атомы обладаютъ способностью сцѣпляться, *спаиваться* между собою,—мы тѣмъ самымъ предсказываемъ возможность существованія цѣлаго ряда углеводородовъ и всегда съ четнымъ числомъ атомовъ водорода (потому что для сцѣпленія углеродовъ отнимается по 2 водорода). Эта теорія образованія углеводородовъ, именуемая **теоріею строенія** (также с т р у к т у р н о ю), блестящимъ образомъ подтверждена безчисленнымъ, можно сказать, количествомъ опытовъ и изслѣдованій. Поэтому она составляетъ основаніе органической химіи.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что если углеродные атомы образуютъ длинную цѣпь, то изъ одного и того же количества атомовъ могутъ слагаться цѣпи различнаго строенія. Напр., для бутана, C_4H_{10}, можно предвидѣть цѣпи двухъ видовъ и соотвѣтственно этому двѣ формулы строенія:



Въ первомъ случаѣ углеродные атомы соединены послѣдовательно одинъ за другимъ и составляютъ, какъ говорятъ, *прямую цѣпь*. Во второмъ случаѣ цѣпь построена такъ, что одинъ атомъ углерода (средній) соединенъ съ тремя другими; это такъ называемая *развѣтвленная цѣпь*. Такимъ образомъ одной и той же формулѣ, C_4H_{10}, отвѣчаютъ два углеводорода отличные по строенію и, какъ оказалось, также по свойствамъ. Такое явленіе на-

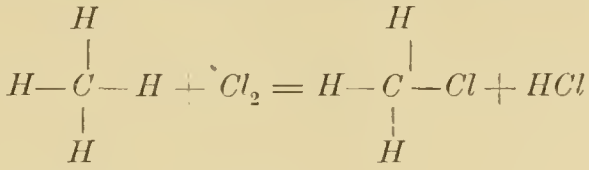


А. М. Бутлеровъ.
1828 — 1886.

зывается **изомеріею**, а вещества, обладающія различнымъ строеніемъ, но отвѣчающія одной и той же эмпирической формулѣ, называются *изомерами*. Въ данномъ случаѣ оба изомера бутана носятъ слѣдующія названія: I—нормальный бутанъ, II—изобутанъ.

Въ изученіи и разъясненіи этого явленія сыграли крупную роль блестящія работы нашего русскаго химика А. М. Бутлерова и его учениковъ («Бутлеровская школа»).

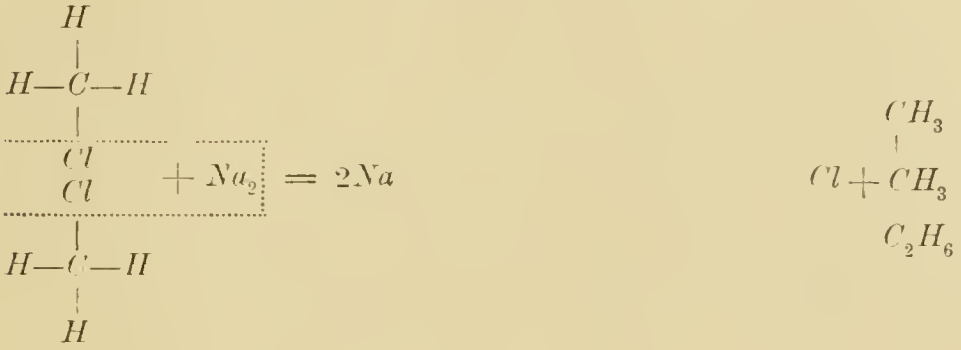
Всѣ вышеприведенныя тѣла C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10} и много имъ подобныхъ дѣйствительно получены; только для того, чтобы выполнить такое спаиваніе остатковъ, нужно брать не самый углеводородъ, а, какъ показалъ знаменитый французскій химикъ Вюрцъ, ихъ *субституты*. Дѣло въ томъ, что болотный газъ—CH_4, какъ и всѣ прочіе углеводороды, при дѣйствіи хлора можетъ обмѣнивать свой водородъ на хлоръ; при первомъ дѣйствіи реакція ограничивается однимъ атомомъ водорода:



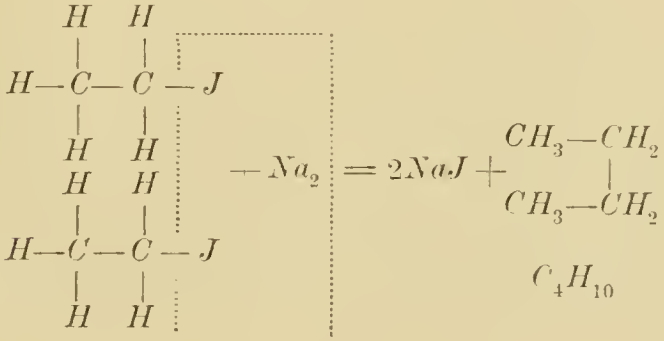
болотный газъ. частица хлора.

Тѣло—CH_3Cl и есть *хлорсубститутъ* болотнаго газа, т.-е. замѣщенный болотный газъ. Можно получить сравнительно просто CH_3Br, CH_3J, а съ другой стороны—C_2H_5Cl, C_2H_5J и т. д. Вотъ эти-то *галоидсубституты* и удобны для воспроизведенія приведенной выше реакціи, особенно іодсубституты (иногда вмѣсто субститутъ говорятъ дериватъ, что̀ все равно). Для этого на нихъ при подходящихъ условіяхъ дѣйствуютъ *металлическимъ* натріемъ:

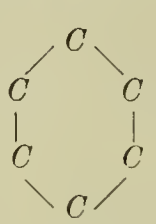
I.



II.



Углеродные атомы могутъ спаиваться въ цѣпи различной длины и разнообразной формы. Во всѣхъ предыдущихъ примѣрахъ цѣпи были *открытыми*, т.-е. имѣли начало и конецъ. Но существуютъ и такія соединенія, въ которыхъ углеродные атомы спаяны между собою такимъ образомъ, что образуютъ *замкнутую* цѣпь, т.-е. кольцо, или, какъ его иначе называютъ, ядро, въ которомъ всѣ звенья такъ соединены между собою, что каждое служитъ и началомъ, и концомъ; таково, напр., кольцо—



Поэтому всѣ органическія соединенія дѣлятъ на два большихъ отдѣла:

1. Соединенія съ открытыми цѣпями, называемыя общимъ именемъ **жирныхъ соединеній** [1]).

2. Соединенія съ замкнутыми цѣпями, называемыя циклическими (отъ лат. cyclus—кругъ), изъ которыхъ особенно изучены **ароматическія соединенія** [2]).

III. Углеводороды.

Какъ мы видѣли, благодаря способности углеродныхъ атомовъ сцѣпляться другъ съ другомъ, можетъ образоваться цѣлый рядъ тѣлъ, содержащихъ въ своемъ составѣ углеродъ и водородъ; это—такъ называемые углеводороды *предѣльные*. Такъ они называются за то, что не могутъ присоединять къ себѣ никакихъ другихъ элементовъ: въ нихъ всѣ сродства углеродныхъ атомовъ насыщены водородомъ и углеродомъ. Эти же углеводороды называются также и *парафинами* по той причинѣ, что

---

[1]) Названіе «жирныя соединенія» неправильно: возникло же оно потому, что первыя соединенія съ открытыми цѣпями, которыя были изучены, были жиры. Послѣ этого стали всѣ соединенія съ открытыми цѣпями называть «жирными», хотя бы они и не имѣли сходства съ жирами. Такъ какъ всѣ углеводороды съ открытыми цѣпями могутъ быть получены изъ **метана**, CH_4, вышеприведеннымъ синтезомъ и такъ какъ всѣ прочія соединенія, какъ увидимъ дальше, производятся отъ углеводородовъ, то метанъ не безъ основанія считается «родоначальникомъ» всѣхъ жирныхъ соединеній.

[2]) Какъ «жирныя» соединенія могутъ быть произведены отъ метана, такъ и всѣ «ароматическія» соединенія можно произвести отъ **бензола**—углеводорода C_6H_6. Первыя такія соединенія были получены изъ пахучихъ веществъ и нерѣдко сами обладали запахомъ, чѣмъ и объясняется названіе.

трудно вступаютъ въ химическія реакціи (parum affinis—мало сродства).

Представителемъ ихъ является метанъ, болотный газъ—CH_4; за нимъ слѣдуютъ:

C_2H_6 — этанъ
C_3H_8 — пропанъ
C_4H_{10} — бутанъ
C_5H_{12} — пентанъ
C_6H_{14} — гексанъ
. . . . . .
. . . . . .
$C_{10}H_{22}$ — деканъ
. . . . . .
. . . . . .
$C_{16}H_{34}$ — гексадеканъ.
и т. д.

Составъ каждыхъ двухъ рядомъ стоящихъ углеводородовъ *отличается на* CH_2; это явленіе называется **гомологіею** и позволяетъ выразить ихъ составъ одною общею формулою — C_nH_{2n+2}. Полагая $n = 1, 2, 3, 4$ и т. д., получимъ формулу какого угодно изъ этихъ углеводородовъ.

Метанъ—CH_4—иначе называется болотнымъ газомъ, потому что нерѣдко выдѣляется со дна болотъ, гдѣ происходитъ гніеніе растительныхъ остатковъ. Онъ встрѣчается также включеннымъ въ пласты каменнаго угля, за что получилъ также названіе рудничнаго газа. Въ смѣси съ воздухомъ онъ образуетъ *гремучую смѣсь*, что̀ нерѣдко въ каменноугольныхъ шахтахъ обусловливаетъ взрывы и несчастія.

Искусственно его можно получить, нагрѣвая тѣсную смѣсь уксуснонатріевой соли съ ѣдкимъ натромъ въ прочныхъ ретортахъ; реакція такая:

$$\underbrace{CH_3-CO_2Na}_{\text{уксуснонатріевая соль.}} + \underbrace{H\,ONa}_{\text{ѣдкій натръ.}} = \underbrace{CH_4}_{\text{метанъ}} + \underbrace{CO_3Na_2}_{\text{угленатріевая соль.}}$$

Метанъ—газъ безцвѣтный, безъ вкуса и безъ запаха. Горитъ слабосвѣтящимъ пламенемъ; съ воздухомъ и тѣмъ болѣе съ кислородомъ образуетъ сильно взрывающую смѣсь.

Слѣдующіе за нимъ углеводороды—C_2H_6, C_3H_8 и C_4H_{10}—тоже газы; начиная же съ пентана, C_5H_{12}, представляются тѣлами жидкими, а отъ гексадекана, $C_{16}H_{34}$, начинаются твердые углеводороды.

Въ *нефти* находятся всѣ эти углеводороды—газообразные, жидкіе и твердые; особенно ими богата американская нефть, а въ нашей русской этихъ углеводородовъ меньше, за то въ ней содержатся въ большомъ количествѣ другіе углеводороды—такъ называемые нафтены.

Добытая изъ нѣдръ земли при посредствѣ буровыхъ скважинъ нефть представляется въ видѣ жидкости бураго цвѣта, часто съ зеленымъ оттѣнкомъ; обыкновенно она имѣетъ непріятный запахъ, отъ котораго освобождается особенною очисткою. Въ химическомъ отношеніи нефть есть *смѣсь* разнообразныхъ углеводородовъ: въ ней содержатся различные предѣльные углеводороды (больше въ американской, въ русской — мало), нафтены (много въ русской) и еще одинъ родъ углеводородовъ—такъ называемые ароматическіе, о которыхъ будетъ сказано дальше.

Помощью нагрѣванія нефть приводятъ въ кипѣніе; при этомъ растворенные въ нефти газообразные углеводороды, какъ метанъ и др., улетаютъ прежде всего; затѣмъ начинаютъ испаряться легколетучіе—пентанъ и проч., потомъ начнутъ обращаться въ паръ болѣе трудно летучіе и такъ далѣе. Слѣдовательно, если нагрѣвать нефть постепенно и слѣдить за повышеніемъ температуры посредствомъ термометра, то можно, устроивъ подходящій приборъ, улавливать то тѣ, то другіе изъ углеводородовъ, заключенныхъ въ нефти. Это—такъ называемая *дробная перегонка*. Обыкновенно собираютъ такія порціи: 1) отъ 40° до 70° въ продажѣ называется нефтяной эфиръ; 2) отъ 70° до 150°—бензинъ; 3) отъ 150° до 300°—всѣмъ извѣстный керосинъ, въ которомъ находятся различные углеводороды, начиная съ C_9H_{20}; 4) наконецъ выше 300° собираютъ густыя соляровыя и смазочныя масла. Тотъ же остатокъ, который остается послѣ отгонки всѣхъ этихъ частей, носитъ названіе *вазелина*. Такимъ образомъ вазелинъ представляетъ не что другое, какъ смѣсь различныхъ твердыхъ углеводородовъ. Само собою разумѣется, что вазелинъ, полученный изъ разныхъ сортовъ нефти, будетъ отличаться по составу.

Подобно вазелину, *параффинъ*, идущій на приготовленіе свѣчъ и проч., также представляетъ смѣсь твердыхъ углеводородовъ. Онъ содержится, конечно, и въ нефти; но главнымъ образомъ его добываютъ сухою перегонкою (т.-е. накаливаніемъ въ закрытыхъ сосудахъ, безъ доступа внутрь ихъ воздуха) бураго угля, торфа и др. Параффинъ встрѣчается иногда въ природѣ въ видѣ такъ называемаго *озокерита*; это — пропитанныя параффиномъ землистыя породы.

Наконецъ подъ *асфальтомъ* разумѣютъ остатокъ, получившійся отъ высыханія нефти; въ немъ, кромѣ твердыхъ углеводородовъ, содержатся также продукты осмоленія нѣкоторыхъ составныхъ частей нефти подъ вліяніемъ кислорода воздуха.

Какъ нефть, такъ вазелинъ и параффинъ подвергаются сложной очисткѣ, прежде чѣмъ станутъ: первая — безцвѣтною, а два другіе — бѣлыми.

IV. Продукты замѣщенія.

Предѣльные углеводороды общей формулы C_nH_{2n+2}, какъ мы видѣли, представляютъ тѣла, мало доступныя дѣйствію химическихъ реагентовъ; въ этомъ отношеніи энергичнѣе всего дѣйствуютъ на нихъ *галоиды* и, конечно, хлоръ—сильнѣе брома, а бромъ—сильнѣе іода. Дѣйствіе галоидовъ протекаетъ постепенно и сводится на замѣну одного за другимъ атомовъ водорода атомами галоида. Такъ, напр.:

1) $CH_4+Cl_2=HCl+CH_3Cl$
2) $CH_3Cl+Cl_2=HCl+CH_2Cl_2$
3) $CH_2Cl_2+Cl_2=HCl+CHCl_3$
4) $CHCl_3+Cl_2=HCl+CCl_4$.

Въ такомъ же порядкѣ протекаетъ дѣйствіе галоидовъ и на другіе углеводороды этого рода. Для метана изъ такихъ продуктовъ замѣщенія заслуживаютъ вниманія—$CHCl_3$ и CHJ_3; первое тѣло называется хлороформомъ, второе—іодоформомъ.

Хлороформъ, $CHCl_3$, обыкновенно получаютъ другимъ, болѣе удобнымъ способомъ, а именно дѣйствіемъ бѣлильной извести (стр. 205) на обыкновенный — винный спиртъ. Продуктъ этой бурной реакціи очищаютъ извѣстными способами, и тогда хлороформъ получается въ видѣ безцвѣтной, прозрачной, подвижной жидкости, своеобразнаго сладковатаго запаха. Онъ обладаетъ способностью растворять различныя вещества, въ томъ числѣ іодъ и фосфоръ. Кипитъ на 40° ниже воды. Примѣняется при операціяхъ.

Іодоформъ—кристаллическое тѣло: желтыя таблички. Обладаетъ рѣзкимъ, прилипчивымъ запахомъ. Употребляется какъ обеззараживающее средство.

Какъ ни интересны эти два тѣла по своимъ свойствамъ, но въ научномъ отношеніи гораздо важнѣе *однозамѣщенные* параффины, какъ CH_3Cl и ему подобные. Мы уже видѣли, что ими можно воспользоваться для полученія углеводородовъ болѣе сложнаго состава (дѣйствіемъ натрія—Вюрцъ). Это показываетъ,

что хотя такія группы, какъ CH_3 (изъ CH_4), C_2H_5 (изъ C_2H_6). C_3H_7 (изъ C_3H_8) и т. д., самостоятельно существовать не могутъ, но тѣмъ не менѣе обладаютъ способностью участвовать въ образованіи органическихъ соединеній, могутъ, слѣд., существовать въ соединеніи съ элементами (напр., CH_3J) или другими группами (напр., $CH_3—C_2H_5$). За такую ихъ способность дали имъ названіе **радикаловъ**, а такъ какъ—мы это дальше увидимъ—они входятъ и въ составъ спиртовъ, то ихъ называютъ спиртовыми радикалами, въ отличіе отъ различныхъ другихъ радикаловъ же. Итакъ, подъ *спиртовыми радикалами* мы будемъ подразумѣвать остатки насыщенныхъ углеводородовъ—CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12} и т. д., т.-е. группы CH_3, C_2H_5, C_3H_7, C_4H_9, C_5H_{11} и т. д. Для удобства этимъ радикаламъ присвоены названія, для чего окончаніе названія углеводорода *анъ* передѣлываютъ въ *илъ*; такъ, —

CH_4—метанъ, C_2H_6—этанъ, C_3H_8—пропанъ
CH_3—*метилъ*, C_2H_5—*этилъ*, C_3H_7—*пропилъ*
и т. д.

Такимъ образомъ вещество CH_3Cl можетъ быть названо не только хлорметанъ, но также хлористый метилъ, C_2H_5J—іодэтанъ или іодистый этилъ, C_3H_7Br—бромпропанъ или бромистый пропилъ и т. п.

Этими галоидными радикалами пользуются въ широкихъ размѣрахъ для полученія множества разнообразнѣйшихъ органическихъ соединеній, между которыми на первомъ мѣстѣ должно поставить спирты, или алкоголи. Къ нимъ мы теперь и перейдемъ; но раньше замѣтимъ, что кромѣ указанныхъ выше углеводородовъ существуютъ еще и *непредѣльные углеводороды*.

Эти вещества, состоя также *только* изъ углерода и водорода, отличаются отъ насыщенныхъ меньшимъ содержаніемъ водорода и непремѣнно на четное число атомовъ—H_2, H_4, H_6, и т. д. Такъ, рядомъ съ этаномъ—C_2H_6, существуютъ C_2H_4—этиленъ и C_2H_2—ацетиленъ и т. п.

Этиленъ—газъ, пріятнаго запаха, горитъ свѣтящимся пламенемъ, съ воздухомъ образуетъ гремучую смѣсь. Получаютъ его, нагрѣвая обыкновенный (винный) спиртъ съ сѣрною кислотою; эта послѣдняя, отнимая отъ спирта воду, переводитъ его въ этиленъ:

$$\underset{\text{спиртъ}}{C_2H_6O} - H_2O = C_2H_4$$

Онъ содержится въ свѣтильномъ газѣ.

Ацетиленъ—тоже газъ, но уже противнаго запаха, ядовитъ; горитъ коптящимъ пламенемъ; съ воздухомъ образуетъ сильно

взрывающую смѣсь; требуетъ осторожнаго обращенія. Получается дѣйствіемъ воды на *карбидъ кальція:*

$$\underset{\text{карбидъ кальція}}{C_2Ca} + H_2O = \underset{\text{ацети-ленъ}}{C_2H_2} + \underset{\text{известь.}}{CaO}$$

Непредѣльные углеводороды характеризуются способностью прямо соединяться съ галоидами; одни изъ нихъ присоединяютъ 2 атома галоида, другіе—4 атома и т. д.

V. Спирты.

Подъ именемъ спиртовъ извѣстны тѣла, которыя представляютъ не что другое, какъ углеводороды, одинъ или нѣсколько водородовъ которыхъ замѣнены группою OH — *воднымъ остаткомъ* (гидроксиломъ). Вотъ примѣры:

CH_4 — метанъ, $CH_3(OH)$—метиловый спиртъ
C_2H_6—этанъ, $C_2H_5(OH)$—этиловый спиртъ
C_5H_{12}—пентанъ, $C_5H_{11}(OH)$—амиловый спиртъ.

Они приготовляются различными способами; мы же замѣтимъ слѣдующій—характерный: спирты можно получать изъ іодистыхъ радикаловъ дѣйствіемъ ѣдкаго кали, KOH, или еще лучше — влажной окиси серебра.—$AgOH$: [1]).

$$C_3H_7J + KOH \quad KJ + \underset{\text{пропиловый спиртъ}}{C_3H_7.OH}$$

$$C_4H_9J + AgOH = AgJ + \underset{\text{бутиловый спиртъ.}}{C_4H_9.OH}$$

Спирты, заключающіе отъ одного до десяти атомовъ углерода, суть жидкости; тѣ же, которые содержатъ больше, чѣмъ C_{10} — твердыя тѣла.

Жидкіе спирты — подвижныя жидкости, особеннаго запаха, жгучаго вкуса, горючія, тогда какъ твердые—не имѣютъ въ большинствѣ случаевъ ни запаха, ни вкуса.

Спирты, происходящіе отъ парафиновъ C_nH_{2n+2} и заключающіе одинъ водный остатокъ, называются *предѣльными* (отъ предѣльныхъ углеводородовъ) и одноатомными (одинъ OH), по-

---

[1]) Водная окись серебра, $AgOH$, не извѣстна; но *влажную* окись, Ag_2O, можно считать какъ бы $AgOH$.

тому что существуютъ спирты соотвѣтствующіе ненасыщеннымъ углеводородамъ—это, во-первыхъ, а также такіе, которые заключаютъ два, три и болѣе *OH*. Послѣдніе называются многоатомными спиртами.

Изъ *одноатомныхъ спиртовъ* мы замѣтимъ: метиловый, этиловый, амиловый и цетиловый, а изъ многоатомныхъ — глицеринъ.

Метиловый спиртъ (иначе называется древеснымъ), $CH_3.OH$, обыкновенно готовится сухою перегонкою дерева, для чего дерево подвергается нагрѣванію въ особыхъ приборахъ до высокой температуры, но *безъ доступа воздуха*, а слѣдовательно, горѣть дереву при этомъ невозможно за недостаткомъ кислорода. При такой сухой перегонкѣ изъ дерева образуются газообразныя вещества, которыя улетаютъ, а также водянистая жидкость, называемая древеснымъ уксусомъ, и деготь. Изъ этой-то водянистой жидкости очисткою получаютъ древесный, т.-е. метиловый спиртъ, и древесную, или уксусную кислоту.

Совершенно чистый метиловый спиртъ представляетъ безцвѣтную, подвижную жидкость, особеннаго запаха; точка кипѣнія его $= {}^2/_3$ точки кипѣнія воды (100°). Горитъ блѣднымъ пламенемъ.

Слѣдующій спиртъ—винный, или **этиловый спиртъ** съ формулою $C_2H_5.OH$. Обыкновенный способъ полученія его — броженіе такъ называемыхъ сахаристыхъ веществъ. Броженіе вызываютъ посредствомъ дрожжей, которыя представляютъ цѣлую совокупность клѣточекъ одного вида грибка; питаніе и размноженіе этого грибка, иначе—жизнедѣятельность его сопровождается образованіемъ особеннаго тѣла, способнаго вызывать распаденіе (сложныхъ) сахаристыхъ веществъ на болѣе простыя тѣла: спиртъ (обыкновенный, или этиловый) и углекислый газъ. Такъ, сахаристое вещество, извѣстное подъ именемъ *глюкозы* и имѣющее формулу $C_6H_{12}O_6$, распадается такимъ образомъ:

$$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5(OH).$$

Въ природѣ сахаристыя вещества встрѣчаются иногда готовыми, напримѣръ, въ меду, въ виноградномъ сокѣ и т. п. Но обыкновенно съ цѣлью приготовленія спирта глюкозу получаютъ изъ крахмала, который подъ вліяніемъ солода переходитъ именно въ глюкозу. *Солодомъ* называютъ слабо проросшія зерна ячменя; дѣйствіе солода зависитъ отъ присутствія въ немъ особеннаго вещества—*діастаза*.

Когда послѣ разбалтыванія въ водѣ крахмалъ-содержащихъ веществъ (мука) вмѣстѣ съ солодомъ произойдетъ превращеніе крахмала въ глюкозу, какъ говорятъ крахмалъ осахарится,—тогда къ этой жидкости—сусл у—прибавляютъ дрожжей и оставляютъ стоять. Броженіе узнается по выдѣляющимся на поверхности жидкости пузырькамъ углекислаго газа; когда это явленіе совсѣмъ почти прекратится, полученную жидкость—бражку—подвергаютъ осторожному нагрѣванію въ особыхъ перегонныхъ снарядахъ. Спиртъ болѣе летучъ, чѣмъ вода; на этомъ основано отдѣленіе спирта отъ воды и другихъ веществъ, образующихся при броженіи вмѣстѣ съ нимъ.

Послѣ окончательной очистки этиловый спиртъ представляется, въ видѣ безцвѣтной, подвижной жидкости, пріятнаго запаха и жгучаго вкуса. Онъ кипитъ на 22° ниже воды. Смѣшивается съ водою во всѣхъ пропорціяхъ.

Среди нѣкоторыхъ веществъ, образующихся въ небольшихъ количествахъ, вмѣстѣ съ этиловымъ спиртомъ, при броженіи находится и *амиловый* спиртъ, $C_5H_{11}(OH)$; онъ имѣетъ непріятный запахъ (клоповъ), вызываетъ при вдыханіи кашель; ядовитъ. Этотъ спиртъ представляетъ главную составную часть отброса отъ приготовленія спирта, такъ называемаго сивушнаго масла.

Эталь, или цетиловый спиртъ, $C_{16}H_{33}(OH)$, получается дѣйствіемъ щелочей на спермацетъ—вещество, добываемое изъ черепной полости кашелотовъ и китовъ. Это—твердый спиртъ, бѣлаго цвѣта, безъ вкуса и запаха.

Среди многихъ важныхъ и интересныхъ свойствъ этого рода спиртовъ мы замѣтимъ отношеніе ихъ: 1) къ веществамъ окисляющимъ и 2) къ веществамъ способнымъ отнимать воду.

1) *Отношеніе къ окислителямъ.*

При дѣйствіи разнообразныхъ способныхъ отдавать кислородъ тѣлъ, напримѣръ хромовой кислоты, всѣ эти спирты при *осторожномъ* дѣйствіи теряютъ по два атома водорода—H_2:

$CH_3.OH$	переходитъ въ	CH_2O	
метилов. сп.		формальдегидъ	
$C_2H_5.OH$	»	»	C_2H_4O
этиловый спиртъ		ацетальдегидъ	
$C_5H_{11}.OH$	»	»	$C_5H_{10}O$
амиловый спиртъ		валеральдегидъ	

и т. д.

Получающіяся при этомъ тѣла уже не спирты; они обладаютъ многими новыми и интересными свойствами. Ихъ называютъ

альдегидами [1]). Водный растворъ перваго изъ нихъ—CH_2O (формальдегида) *всѣмъ* извѣстенъ подъ именемъ *формалина*.

Если эти альдегиды снова подвергнуть дѣйствію окислителей, тогда они присоединяютъ атомъ кислорода, и превращаются въ кислоты:

$C H_2O$ $+O$ даетъ $CH_2 O_2$ муравьин. кисл.

C_2H_4O $+O$ » $C_2H_4O_2$ уксусн. кисл.

$C_5H_{10}O$ $+O$ » $C_5H_{10}O_2$ валерьян. к.

Разумѣется, спирты сразу могутъ превратиться въ кислоты, если дѣйствіе окислителя сразу будетъ рѣзкое. Итакъ, вотъ связь:

Спирты		Альдегиды		Кислоты
$CH_3.\ OH$	$-H_2$	$\longrightarrow CH_2O$	$+O$	$\longrightarrow CH_2\ O_2$
$C_2H_5.\ OH$	$-H_2$	$\longrightarrow C_2H_4O$	$+O$	$\longrightarrow C_2H_4\ O_2$
$C_5H_{11}.\ OH$	$-H_2$	$\longrightarrow C_5H_{10}O$	$+O$	$\longrightarrow C_5H_{10}O_2$.

Образующіяся такимъ путемъ кислоты носятъ названіе *жирныхъ*, потому что многія изъ нихъ найдены въ жирахъ животныхъ и растительныхъ.

2) *Отношеніе къ воду отнимающимъ тѣламъ.*

Жадность къ водѣ замѣчается у многихъ тѣлъ; особенно же въ этомъ отношеніи отличается сѣрная кислота, SO_4H_2. Мы уже видѣли, что при дѣйствіи сѣрной кислоты на спиртъ можно получить этиленъ. Оказывается, что та же SO_4H_2 можетъ отнимать воду отъ спиртовъ и иначе — *изъ двухъ частицъ* спирта; при этомъ получаются новыя тѣла, извѣстныя подъ именемъ **эфировъ**

$$\left.\begin{matrix} CH_3.\ OH \\ CH_3.\ OH \end{matrix}\right\} - H_2O = \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > O \text{ или } (CH_3)_2O$$

$$\left.\begin{matrix} C_2H_5.\ OH \\ C_2H_5.\ OH \end{matrix}\right\} - H_2O = \begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix} > O \text{ или } (C_2H_5)_2O$$

и т. д.

---

[1]) Надобно сказать, что альдегиды образуются лишь тогда, когда водный остатокъ. OH, стоитъ у *крайняго* углероднаго атома, напр., въ этиловомъ спиртѣ, $CH_3—CH_2.OH$. Но, помимо такихъ первичныхъ спиртовъ, могутъ существовать также вторичные, гдѣ тотъ же водный остатокъ, OH, стоитъ у *средняго* углероднаго атома, какъ, напр., въ изопропиловомъ спиртѣ, $CH_3—CH.OH—CH_3$. Подобные вторичные спирты при окисленіи даютъ уже не альдегиды, а **кетоны**, напр., $CH_3—CO—CH_3$, ацетонъ. Существуютъ и третичные спирты, напр., $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > C(OH) — CH_3$: они при окисленіи разрушаются, доставляя прямо кислоты.

Это—простые эфиры. Тѣло $(C_2H_5)_2O$ извѣстно въ продажѣ подъ именемъ *сѣрнаго эфира* (неправильно, потому что сѣры не содержитъ); входитъ въ составъ «гофманскихъ капель». Летучая, горючая жидкость, способная вызывать *анестезію* (безчувствіе).

Если потеря воды произойдетъ изъ одной частицы спирта и одной же частицы *кислоты*, полученный эфиръ называется сложнымъ. Эти вещества очень распространены въ природѣ.

Но прежде чѣмъ говорить объ нихъ скажемъ, нѣсколько словъ о кислотахъ.

VI. Жирныя кислоты.

Мы видѣли, что эти тѣла получаются рѣзкимъ окисленіемъ спиртовъ. Есть много, конечно, и другихъ способовъ полученія этихъ тѣлъ. Обыкновенно наиболѣе важныя изъ кислотъ — муравьиная, уксусная, пальмитиновая, стеариновая—получаются особыми способами.

Муравьиная кислота, CH_2O_2, безцвѣтная, ѣдкая жидкость, остраго запаха, въ первый разъ была выдѣлена изъ красныхъ муравьевъ.

Уксусная кислота, $C_2H_4O_2$, какъ уже видѣли, получается подъ именемъ древесной кислоты сухою перегонкою дерева. Въ настоящее время ее приготовляютъ окисленіемъ виннаго спирта. Безцвѣтная, остраго запаха жидкость; обжигаетъ кожу; смѣшивается съ водою. Уксусная эссенція представляетъ очень крѣпкую кислоту.

Въ коровьемъ маслѣ, въ сырѣ и т. под. находятся также жирныя кислоты, какъ, напр., *масляная* кислота, *капроновая*, *валерьяновая* и др. Онѣ обладаютъ непріятнымъ запахомъ пота, отчего и зависитъ запахъ сыровъ и испортившагося коровьяго масла.

Съ другой стороны—въ говяжьемъ и бараньемъ салѣ содержатся твердыя жирныя кислоты, каковы—**пальмитиновая** и **стеариновая**. Послѣдняя кислота всѣмъ извѣстна: изъ нея приготовляются стеариновыя свѣчи; пальмитиновая на нее очень похожа. Обѣ кислоты въ салѣ заключаются несвободными, а въ видѣ *сложныхъ* эфировъ, въ составъ которыхъ, кромѣ кислотъ, входитъ *глицеринъ*.

Глицеринъ — трехатомный спиртъ, что̀ и выражаютъ такою формулою: $C_3H_5(OH)_3$, т.-е. съ тремя водяными остатками. Онъ получается обыкновенно дѣйствіемъ щелочей на жиры; при этомъ кислота, заключающаяся въ жирѣ въ видѣ сложнаго эфира, соединяется со щелочью,—даетъ соль, а глицеринъ дѣлается свободнымъ. Соли такія нерастворимы въ водѣ и извѣстны подъ

именемъ *мыла*; слѣдовательно, всякое мыло есть щелочная (обыкновенно натріевая) соль одной изъ жирныхъ кислотъ — преимущественно пальмитиновой и стеариновой. Разлагая мыло кислотою, напримѣръ сѣрною, получаютъ свободную пальмитиновую, $C_{16}H_{32}O_2$, и стеариновую, $C_{18}H_{36}O_2$, кислоты.

Такъ какъ при дѣйствіи щелочей получается *мыло*, то и самый процессъ называется *обмыливаніемъ*. Глицеринъ, второй продуктъ обмыливанія, остается растворенным въ водѣ, отъ которой его освобождаютъ разными способами, и тогда глицеринъ, $C_3H_5(OH)_3$, представляется въ видѣ безцвѣтной, тягучей, жидкости, сладкаго вкуса.

Сложные эфиры, составляющіе жиры, называются также *глицеридами;* составъ ихъ таковъ:

$$\underset{\text{трипальмитинъ}}{C_3H_5(C_{16}H_{31}O_2)_3} \text{ и } \underset{\text{тристеаринъ}}{C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3},$$

потому что при образованіи ихъ изъ глицерина и твердой жирной кислоты (пальмитиновой или стеариновой), выдѣляется по три частицы воды:

$$C_3H_5 \begin{cases} \underline{|OH|} \overline{+ C_{16}H_{31}O_2} \underline{|H|} \\ \underline{|OH|} \overline{+ C_{16}H_{31}O_2} \underline{|H|} \\ \underline{|OH|} \overline{+ C_{16}H_{31}O_2} \underline{|H|} \end{cases}$$

Воски — пчелиный и китайскій, спермацетъ, о которомъ выше говорилось—тоже представляютъ сложные эфиры, въ составъ которыхъ входятъ особенныя кислоты и особенные спирты.

Къ производнымъ спиртовъ принадлежатъ весьма важныя вещества—углеводы.

VII. Углеводы.

Вещества, извѣстныя подъ именемъ углеводовъ, получили такое названіе потому, что формулы большинства изъ нихъ представляютъ какъ бы соединеніе углерода съ водою, такъ, напр.,

$$C_6H_{12}O_6, \text{ какъ будто } 6C + 6H_2O.$$

Въ химическомъ отношеніи всѣ углеводы являются первыми продуктами окисленія (см. стр. 275) многоатомныхъ спиртовъ; нѣкоторые изъ нихъ, кромѣ того, могутъ соединяться другъ съ другомъ и образовать еще новую группу болѣе сложныхъ соединеній. Простѣйшіе углеводы называются глюкозами названіе это произошло отъ греческаго слова *гликис* — сладкій, что́ указываетъ на сладкій вкусъ этихъ соединеній), а изъ глюкозъ образуются еще двѣ группы—болѣе сложныя. Эти послѣднія

получаются тогда, когда 1, 2 или 3 частицы глюкозъ, потерявъ 1, 2 или болѣе частицъ воды, соединяются между собою.

Углеводы часто называются сахаристыми веществами, такъ какъ всѣ они могутъ быть произведены отъ простѣйшаго сахара — *глюкозы*, хотя многіе изъ углеводовъ не обладаютъ сладкимъ вкусомъ.

Они встрѣчаются, главнымъ образомъ, въ растеніяхъ: оболочка каждой растительной клѣтки состоитъ изъ углеводовъ, сѣмена злачныхъ растеній (ржи, ячменя, пшеницы и проч.), клубни картофеля, сладкіе плоды (малина, виноградъ, яблоки и проч.) и многія другія части растеній очень богаты сахаристыми веществами. Напротивъ, въ животныхъ организмахъ углеводы встрѣчаются рѣже и въ меньшемъ количествѣ; какъ пищевой матеріалъ, они играютъ существенную роль въ жизни животныхъ и человѣка. Травоядныя животныя, употребляя въ пищу различныя растенія, вводятъ такимъ путемъ въ организмъ большое количество углеводовъ.—Нѣкоторыя насѣкомыя, какъ. напр., пчелы, осы, высасываютъ изъ цвѣтковъ растеній ихъ сокъ, который затѣмъ перерабатываютъ въ своемъ организмѣ и помѣщаютъ въ ячейки—соты; этимъ запасомъ они питаются въ холодное время года. Этотъ переработанный сокъ называется медомъ и состоитъ изъ простѣйшаго вида углеводовъ—глюкозъ.

Глюкозы, будучи альдегидами, очень легко окисляются дальше, а поэтому и обладаютъ возстановительными свойствами. Очень часто, благодаря такому свойству глюкозъ, пользуются ими въ техникѣ, напр. для изготовленія зеркалъ. Если растворъ ляписа въ нашатырномъ спиртѣ прокипятить съ растворомъ глюкозы, то ляписъ возстанавливается до металлическаго серебра, которое и отлагается на днѣ и стѣнкахъ сосуда въ видѣ тонкаго зеркальнаго слоя. Если дномъ такого сосуда служитъ плоская стеклянная пластинка, то она превращается въ обыкновенное зеркало.

Кромѣ того, глюкозы способны бродить. Броженіе разсматривается какъ химическая реакція, при которой сложныя химическія соединенія распадаются на болѣе простыя. Распаденіе это совершается въ присутствіи особыхъ организмовъ—ферментовъ, энзимовъ, грибковъ, дрожжей, и сопровождается выдѣленіемъ теплоты и образованіемъ новыхъ, болѣе простыхъ веществъ. Сладкій сокъ винограда, если его оставить на нѣкоторое время въ покоѣ, начинаетъ какъ бы пѣниться, на поверхности его замѣтно выдѣленіе пузырьковъ углекислаго газа, а первоначально сладкій вкусъ его постепенно исчезаетъ и замѣняется новымъ—спиртнымъ вкусомъ. Въ данномъ случаѣ виноградный

сахаръ, глюкоза, подъ вліяніемъ особаго вида ферментовъ, находящихся на кожицѣ виноградныхъ ягодъ, распадается на углекислый газъ и спиртъ:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

спиртъ углекислота.

Иногда при броженіи углеводовъ вырабатывается не винный спиртъ, а молочная или масляная кислоты или другія соединенія. Броженіе такого рода вызывается присутствіемъ иныхъ грибковъ, иныхъ ферментовъ.

Не всѣ сахаристыя вещества способны бродить, нѣкоторыя изъ нихъ бродятъ только послѣ расщепленія, т.-е. послѣ того, когда они превратятся въ простѣйшія глюкозы. Къ такимъ углеводамъ относится и сахаръ.

Сахаръ, который мы употребляемъ въ пищу, называется **тростниковымъ сахаромъ**, такъ какъ раньше его добывали исключительно изъ сахарнаго тростника; теперь же получаютъ его изъ свеклы. Для полученія его свекла изрѣзывается и настаивается на водѣ; вода растворяетъ сахаръ, соли и другія вещества, не растворившаяся же часть удаляется. Полученная жидкость, или сокъ, нагрѣтый до 85° С., смѣшивается съ гашеною известью; при этомъ многія постороннія вещества виноградnаго сока осѣдаютъ на дно сосуда или всплываютъ на поверхность жидкости въ видѣ хлопьевъ. Такъ, напр., бѣлки свертываются и хлопьями всплываютъ наверхъ, кислоты нейтрализуются, а фосфорная, щавелевая и лимонная кислоты выдѣляются въ осадокъ въ видѣ известковыхъ солей. Осадки отдѣляютъ процѣживаніемъ. Но и самый сахаръ даетъ съ известью непрочное соединеніе, называемое сахаратомъ. Чтобы разрушить это соединеніе, въ жидкость, значительно просвѣтлѣвшую, пропускаютъ углекислый газъ. При этомъ сахаратъ кальція распадается съ образованіемъ мѣла и сахара. Мѣлъ осѣдаетъ на дно сосуда и увлекаетъ за собою постороннія красящія вещества, а сокъ еще больше обезцвѣчивается. Его затѣмъ выпариваютъ, получаютъ сиропъ, который пропускаютъ черезъ животный уголь для полнаго обезцвѣчиванія и затѣмъ выпариваютъ до кристаллизаціи. Выдѣлившіеся кристаллы отдѣляютъ отъ незакристаллизовавшейся части сиропа, называемой *патокою*, и подъ названіемъ сахарнаго песка выпускаютъ на рынокъ. Песокъ перерабатываютъ на особыхъ заводахъ на рафинадъ, т.-е. чистый и твердый сахаръ.

Какъ показываетъ формула тростниковаго сахара, $C_{12}H_{22}O_{11}$, онъ произошелъ изъ двухъ частицъ глюкозы, которыя при

своемъ соединеніи потеряли частицу воды. Если тростниковый сахаръ нагрѣвать съ воднымъ растворомъ кислотъ, онъ присоединяетъ частицу воды и превращается въ двѣ глюкозы—обыкновенную, виноградный сахаръ, и другую—фруктовый сахаръ: $C_{12}H_{22}O_4 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ [1]).

Къ подобнымъ же соединеніямъ относится **молочный сахаръ.** Онъ находится въ молокѣ животныхъ и добывается выпариваніемъ молочной сыворотки; онъ менѣе сладокъ, чѣмъ тростниковый сахаръ, съ водою не даетъ густого сиропа и въ обыденной жизни не употребляется; примѣняютъ его въ медицинѣ.

Къ углеводамъ болѣе сложнаго состава относятся: крахмалъ, клѣтчатка, камеди, слизи и проч. Эти соединенія образовались изъ большого числа частицъ глюкозъ, при соединеніи которыхъ выдѣлилось нѣсколько частицъ воды.

Крахмалъ, $(C_6H_{10}O_5)_x$, очень распространенъ въ растеніяхъ и скопляется въ клубняхъ, корняхъ, сѣменахъ различныхъ растеній. Для полученія крахмала части растеній, его содержащія, измельчаютъ и растираютъ съ холодною водою: легкія зерна крахмала образуютъ при этомъ мутную жидкость, которую сливаютъ. Крахмалъ, послѣ отстаиванія, собирается на днѣ сосуда. Осадокъ собираютъ и высушиваютъ. Крахмалъ въ холодной водѣ не растворяется, но въ кипящей водѣ онъ разбухаетъ и даетъ клейстеръ, которымъ часто пользуются переплетчики, обойщики, типографы и т. д. Если къ клейстеру прибавить каплю раствора іода, то получится *синее окрашиваніе* жидкости; этою реакціею пользуются для открытія присутствія крахмала или веществъ, содержащихъ крахмалъ. Большое количество крахмалистыхъ веществъ идетъ на приготовленіе спирта. Крахмалъ подъ вліяніемъ энзимовъ дрожжей сначала распадается на простѣйшіе виды сахара, а затѣмъ бродитъ и даетъ спиртъ.

Клѣтчатка представляетъ оболочку растительныхъ клѣтокъ и въ чистомъ состояніи является въ видѣ хлопчатой и пропускной бумаги; пеньковое и льняное волокно также состоятъ изъ нея. Бумага и различныя ткани имѣютъ широкія практическія примѣненія.

[1]) Хотя формулы этихъ глюкозъ, повидимому, тождественны, однако *строеніе* ихъ различно, что̀, между прочимъ, вытекаетъ изъ того, что виноградный сахаръ отклоняетъ *поляризованный лучъ* свѣта вправо, тогда какъ плодовый отклоняетъ его влѣво. Потому-то иногда эти глюкозы и называются декстрозою (латин. *декстеръ*—правый) и левулозою (латин. *левусъ*—лѣвый).

VIII. Амины.

Каждый спиртъ и каждую кислоту можно представить (*теоретически*), какъ замѣщенную *воду*; такъ:

$CH_3(OH)$—метиловый спиртъ, $C_2H_3O(OH)$—уксусная кислота
$H(OH)$—вода $H(OH)$—вода

Въ первомъ случаѣ одинъ H замѣщенъ метиломъ—CH_3, во-второмъ—ацетиломъ, C_2H_3O. Такъ же точно и эфиры; напр., сѣрный эфиръ—какъ будто вода, у которой оба водорода замѣщены этиломъ—C_2H_5.

Подобнымъ же образомъ, взявъ формулу амміака—NH_3, можно изъ нея вывести цѣлое множество соединеній. Такъ, существуютъ соединенія: $NH_2(CH_3)$, $NH(CH_3)_2$, $N(CH_3)_3$ и т. п. Это—такъ называемые **амины**.

Въ зависимости отъ того, сколько атомовъ водорода замѣщено органическими радикалами, амины дѣлятся на первичные ($R-NH_2$), вторичные ($R_2=NH$) и третичные ($R_3\equiv N$); въ этихъ формулахъ R обозначаетъ метилъ или какой-нибудь другой спиртовый радикалъ.

Амины можно производить также отъ углеводородовъ, вводя на мѣсто атома водорода, напр. въ метанѣ—CH_4, группу NH_2; при этомъ образуется первичный аминъ $CH_3-N\begin{matrix}H\\H\end{matrix}$, метиламинъ.

Амины, какъ и амміакъ, соединяясь съ кислотами, образуютъ соли: $CH_3-NH_2+HCl=CH_3-NH_2\,.\,HCl$. Соли эти можно разсматривать, какъ соли аммонія, въ которыхъ одинъ или нѣсколько атомовъ водорода замѣщены спиртовыми радикалами; напр., триметиламинъ $(CH_3)_3N$, присоединяя одну молекулу іодистаго метила, образуетъ характерное соединеніе *іодистый тетраметиламмоній*, $N(CH_3)_4J$, который можно разсматривать, какъ іодистый аммоній, NH_4J, въ которомъ всѣ водородные атомы замѣщены метильными группами. Соотвѣтствующее этой соли основаніе—$(CH_3)_4N\,.\,OH$, т.-е. *гидратъ тетраметиламмонія*—также можетъ быть получено; такія соединенія обладаютъ сильнымъ основнымъ характеромъ, и въ этомъ отношеніи они по своей силѣ напоминаютъ ѣдкія щелочи.

Соединенія, содержащія одну аминную группу, называются моноаминами, двѣ—диаминами, и т. д., или, вообще, полиаминами.

Первичные амины обыкновенно получаются нагрѣваніемъ воднаго раствора амміака съ галоидными алкилами [1]):

[1]) Алкилами называются для краткости спиртовые радикалы.

$$NH_3 + C_2H_5J = C_2H_5 . NH_2 . HJ.$$

Но на этомъ реакція не останавливается: на образовавшійся первичный аминъ дѣйствуетъ слѣдующая молекула іодистаго алкила, при чемъ образуется постепенно вторичный, третичный амины и, наконецъ, іодистый тетраэтиламмоній:

$$C_2H_5 . NH_2 . + C_2H_5J = (C_2H_5)_2 . NH . HJ.$$
$$(C_2H_5)_2 . NH . + C_2H_5J = (C_2H_5)_3 . N . HJ.$$
$$(C_2H_5)_3 . N . + C_2H_5J = (C_2H_5)_4 . N . J.$$

Однако, измѣняя температуру и количества исходныхъ матеріаловъ, можно получить желаемый аминъ въ преобладающемъ количествѣ.

Амины, заключающіе въ своемъ составѣ метилъ и этилъ, представляютъ собою газы, горючи, обладаютъ сильнымъ амміачнымъ запахомъ и легко растворимы въ водѣ; послѣдующіе члены — легко кипящія жидкости и еще легко растворимы въ водѣ. Но чѣмъ сложнѣе спиртовой радикалъ, входящій въ составъ амина, и чѣмъ больше такихъ радикаловъ въ аминѣ содержится, тѣмъ точка кипѣнія становится выше, а растворимость въ водѣ падаетъ, такъ что высшіе амины въ водѣ уже не растворяются; не обладаютъ они и запахомъ. Аммоніевыя же соединенія представляютъ собою легко расплывающіяся твердыя вещества.

По своимъ *химическимъ свойствамъ* амины представляютъ сильныя основанія, т.-е. легко соединяются съ кислотами, образуя соли. Соли аминовъ съ кислотами — бѣлыя, кристаллическія вещества, легко растворимыя въ водѣ и отчасти гигроскопичныя.

Въ аминахъ, какъ и въ большинствѣ органическихъ соединеній, наблюдается явленіе *изоміи* (см. стр. 266). Такъ, напр., эмпирическая формула C_3H_9N—можетъ относиться къ первичному пропиламину $(C_3H_7)NH_2$, или къ вторичному метил-этил-амину $\begin{matrix} CH_3 \\ C_2H_5 \end{matrix}\!\!>\!NH$, или же къ третичному триметиламину—$(CH_3)_3N$.

Важнѣйшими представителями аминовъ являются:

Метиламинъ, $CH_3 . NH_2$ — образуется при распаденіи (гніеніи) органическихъ веществъ, содержащихъ азотъ; находится въ сельдяномъ разсолѣ. Газъ, напоминающій амміакъ, но въ отличіе отъ амміака—горючъ.

Триметил-аминъ, $(CH_3)_3N$, распространенъ въ природѣ; находится во многихъ растеніяхъ, въ потѣ, въ женской слизи и, на ряду съ метиламиномъ, въ сельдяномъ разсолѣ.

Многія производныя аминовъ встрѣчаются въ природѣ, главнымъ образомъ, въ животныхъ организмахъ. Сюда принадлежатъ

холинъ и *лецитинъ*, встрѣчающіеся въ нервной ткани, въ яичномъ желткѣ и въ мозгу животныхъ; *нейринъ* и *таурин*ъ—въ мозгу, желчи и др. животныхъ.

Діамины получаются замѣщеніемъ двухъ атомовъ водорода амино-группами; но болѣе одной группы NH_2 уодного углерода быть не можетъ, а потому первый діаминъ образуется отъ этана:

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix} \Longrightarrow \begin{matrix} CH_2—NH_2 \\ | \\ CH_2—NH_2 \end{matrix}.$$

Въ химическомъ отношеніи они вполнѣ сходны съ моноаминами. Нѣкоторые діамины образуются при трупномъ гніеніи и носятъ названіе птомаиновъ. Важнѣйшимъ изъ нихъ является *кадаверинъ* ($NH_2 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — NH_2$).

Если въ составъ подобныхъ соединеній входятъ не спиртовые остатки, какъ метилъ, этилъ и др., а кислотные, тогда получающіяся вещества носятъ названія *амидовъ*, *амидо-кислотъ*, *имидовъ*, *уреидовъ* и т. д. Всѣ эти тѣла весьма важны: они играютъ большую роль въ экономіи животныхъ, въ частности—человѣческаго организма; многія изъ нихъ встрѣчаются и въ растеніяхъ. Болѣе сложныя соединенія подобнаго рода, встрѣчающіяся въ растеніяхъ, извѣстны подъ названіемъ алкалоидовъ.

IX. Аминокислоты.

Если въ какой-нибудь органической кислотѣ замѣнить одинъ изъ водородныхъ атомовъ группою NH_2, то получится аминокислота; напр.:

$$\underset{\text{уксусная кислота}}{CH_3—CO\,.\,OH} \Longrightarrow \underset{\text{аминоуксусная кислота.}}{CH_2\,.\,NH_2—COOH}$$

Аминокислоты представляютъ одновременно какъ кислоты, такъ и основанія. Въ нихъ, въ группу NH_2, можно ввести на мѣсто водорода алкильныя группы; такимъ образомъ въ частицѣ аминокислоты можетъ находиться не только группа NH_2, но также $NH(CH_3)$,—$N(CH_3)_2$ и т. д.

Одно изъ такихъ соединеній, триметил-аминоуксусная кислота, носящая названіе *бетаина*, встрѣчается въ природѣ—въ листьяхъ и стволахъ многихъ растеній, между прочимъ, въ льняномъ сѣмени и въ соку свеклы, откуда, отчасти, переходитъ и въ сахарный сиропъ.

Важнымъ представителемъ этого рода соединеній является *гликоколь*, или аминоуксусная кислота $CH\,.\,NH_2—CO\,.\,OH$, которая можетъ быть получена при кипяченіи клея съ разбавлен-

ною сѣрною кислотою или ѣдкимъ баритомъ [$Ba(OH)_2$]. Гликоколь представляетъ собою кристаллическое вещество, растворимое въ водѣ.

Названіе гликоколь вещество это получило по сладкому вкусу («гликисъ» по-гречески—сладкій) и полученію изъ клея («колля»—colla клей).

Изъ высшихъ аминокислотъ особый интересъ представляетъ кислота $C_6H_{13}O_2N$, называемая *лейцином*. Это соединеніе очень распространено въ животныхъ организмахъ; встрѣчается въ мясномъ сокѣ и въ мозгу. При нѣкоторыхъ болѣзняхъ количество его въ организмѣ увеличивается. Встрѣчается и у низшихъ животныхъ (червей, пауковъ и рѣчныхъ раковъ); въ вытяжкѣ пшеничнаго зерна, въ соку свеклы. Образуется при гніеніи бѣлковыхъ и клеевыхъ веществъ и получается при кипяченіи этихъ веществъ съ разбавленною сѣрною кислотою. Лейцинъ представляетъ твердое, кристаллическое вещество, легко растворимое въ водѣ и трудно—въ спиртѣ

Въ послѣднее время аминокислоты являются предметомъ особенно тщательныхъ изслѣдованій, такъ какъ при обработкѣ бѣлковыхъ (протеиновыхъ) веществъ кислотами или щелочами образуются, какъ главный продуктъ.

Бѣлковыя вещества, встрѣчающіяся въ животныхъ организмахъ, при соотвѣтствующей обработкѣ, распадаются, какъ указано выше, на аминокислоты, а потому, хотя строеніе самихъ бѣлковъ неизвѣстно, несомнѣнно, они образованы изъ различныхъ аминокислотъ, которыя соединены другъ съ другомъ, образуя очень сложныя частицы.

X. Мочевина и мочевая кислота.

Аммонійныя соли органическихъ кислотъ относятся своеобразно къ дѣйствію высокой температуры: при достаточномъ нагрѣваніи онѣ теряютъ частицу воды и переходятъ въ новыя соединенія, называемыя *амидами*.

Напримѣръ, если соединить уксусную кислоту съ амміакомъ, получится уксуснокислый аммоній, который при сильномъ нагрѣваніи въ сухомъ видѣ переходитъ въ амидъ уксусной кислоты, т. наз. ацетамидъ, выдѣляя при этомъ частицу воды. Превращеніе это можетъ быть выражено слѣдующимъ равенствомъ:

$$\underset{\text{уксуснокислый аммоній}}{CH_3—CO.ONH_4} = \underset{\text{ацетамидъ.}}{CH_3—CO.NH_2} + H_2O$$

Какъ видно изъ формулы, амиды характеризуются присутствіемъ группы NH_2, которая соединена съ остаткомъ кислоты или, какъ его называютъ, *кислотнымъ радикаломъ*.

Хотя такимъ образомъ амиды содержатъ ту же группу NH_2, какъ и амины, но весьма существенно отличаются отъ нихъ по свойствамъ. Тогда какъ амины представляютъ собою энергичныя основанія,—амиды, будучи производными кислотъ, почти не обладаютъ основными свойствами. Такимъ образомъ амиды или вовсе не соединяются съ кислотами, или же даютъ съ ними очень непрочныя, легко разлагающіяся, соединенія.

Если какой-нибудь амидъ долго кипятить съ водой, въ особенности прибавивъ немного щелочи или кислоты, онъ обратно присоединяетъ ту частицу воды, которая выдѣлилась при его образованіи, и снова переходитъ въ аммонійную соль, изъ которой былъ полученъ:

$$\underset{\text{ацетамидъ}}{CH_3—CO\,.\,NH_2} + H_2O = \underset{\text{уксуснокисл. аммоній.}}{CH_3—CO\,.\,ONH_4}$$

Всѣ кислоты могутъ давать амиды точно такъ же, какъ это было указано для уксусной кислоты.

Если примѣнить предыдущія разсужденія къ аммонійной соли угольной кислоты—углекислому аммонію, обративъ вниманіе на то, что въ его составъ входитъ двѣ молекулы амміака, то станетъ яснымъ, что онъ можетъ потерять двѣ частицы воды и превратиться въ амидъ угольной кислоты, содержащій двѣ группы NH_2:

$$\underset{\substack{\text{углекислый}\\ \text{аммоній}}}{CO_3(NH_4)_2} = \underset{\text{мочевина.}}{CO(NH_2)_2} + 2H_2O$$

Полученный амидъ угольной кислоты, называемый *карбамидомъ*, есть не что иное, какъ мочевина, образующаяся въ организмахъ животныхъ и переходящая въ мочу, откуда и получила свое названіе.

Въ животныхъ организмахъ мочевина является продуктомъ разрушенія очень сложныхъ по составу питательныхъ веществъ, называемыхъ бѣлковыми веществами. Взрослый человѣкъ вырабатываетъ въ сутки около 30 гр. мочевины.

Для того, чтобы извлечь мочевину изъ мочи, ее выпариваютъ до небольшого объема и прибавляютъ азотной кислоты; при этомъ образуется соединеніе мочевины съ азотною кислотою, которое выпадаетъ по охлажденіи въ видѣ кристалловъ.

Мочевина, $CO(NH_2)_2$, представляетъ собою кристаллическое вещество, бѣлаго цвѣта, легко растворимое въ водѣ. При продолжительномъ дѣйствіи воды и нагрѣваніи мочевина, будучи

амидомъ углекислоты, присоединяетъ воду и превращается въ углекислый аммоній; эта соль, будучи очень непрочною, легко распадается на углекислый газъ и амміакъ. Такому превращенію мочевины въ углекислый газъ и амміакъ особенно способствуютъ нѣкоторые грибки, попадающіе въ мочу изъ воздуха и вызывающіе броженіе. Вотъ почему загнившая моча всегда пахнетъ амміакомъ. Въ старину даже пользовались гнилой мочой для полученія большихъ количествъ амміака; но теперь этотъ способъ оставленъ.

Искусственное полученіе мочевины, т. наз. синтезъ ея, имѣетъ большое историческое значеніе, такъ какъ это былъ первый случай искусственнаго полученія органическаго вещества. Это было сдѣлано въ 1828 г. Велеромъ. Онъ приготовилъ сначала аммонійную соль ціановой кислоты. Ціановая кислота отвѣчаетъ формулѣ $CNOH$, такъ что ея аммонійная соль должна имѣть составъ $CNO(NH_4)$.

Какъ видно изъ формулы, эта соль содержитъ одинъ атомъ углерода, одинъ атомъ кислорода, два атома азота и четыре атома водорода, т.-е. тѣ же самые атомы и въ такомъ же точно количествѣ, какъ и мочевина, $CO(NH_2)_2$.

Однако ціановокислый аммоній и мочевина не одно и то же, происходитъ это оттого, что хотя оба эти вещества содержатъ одинаковое количество тѣхъ же самыхъ атомовъ, но атомы эти иначе расположены въ каждомъ изъ нихъ (см. объ изомеріи стр. 266). Расположеніе атомовъ, соотвѣтствующее частицѣ ціановокислаго аммонія, представляетъ собой группировку очень мало устойчивую; достаточно слабаго нагрѣванія, чтобы эти атомы измѣнили свое расположеніе и ціановокислый аммоній превратился въ мочевину.

Выше было указано, что въ организмахъ животныхъ мочевина образуется путемъ разрушенія бѣлковыхъ веществъ. Но бѣлковыя вещества превращаются въ мочевину не сразу, а сначала образуютъ болѣе сложныя вещества. Такъ, кромѣ мочевины, въ организмахъ животныхъ образуется еще вещество состава $C_5H_4N_4O_3$, называемое **мочевою кислотою.** Это — бѣлый порошокъ, почти нерастворимый въ водѣ и обладающій очень слабыми кислыми свойствами.

При нормальномъ дѣйствіи организма, мочевая кислота превращается въ концѣ-концовъ въ мочевину, которая выдѣляется въ мочу; въ мочѣ находится лишь очень малое количество неизмѣненной мочевой кислоты. Но иногда мочевая кислота скопляется въ суставахъ и тогда вызываетъ мучительную болѣзнь—подагру. У нѣкоторыхъ животныхъ мочевая кислота выдѣляется изъ организма, не превращаясь въ мочевину. Такъ, напр., по-

меть птицъ и змѣй представляетъ собою почти чистую аммоній-ную соль мочевой кислоты, откуда эта кислота можетъ быть легко получена въ чистомъ видѣ.

XI. Ароматическія соединенія.

Среди разнообразныхъ веществъ, извлеченныхъ изъ растеній, прежде всего были подвергнуты химическому изслѣдованію тѣ, которые обращали на себя вниманіе какимъ-нибудь рѣзко выраженнымъ, характернымъ свойствомъ, преимущественно сильнымъ запахомъ. Такими веществами оказались смолы, бальзамы, терпентинныя и эфирныя масла. Однимъ изъ такихъ же продуктовъ является и смолистое вещество—всѣмъ хорошо извѣстный ладанъ.

При ближайшемъ изслѣдованіи оказалось, что въ ладанѣ содержится вещество, называемое бензойною кислотою. Если немного ладану помѣстить въ фарфоровую чашечку или на часовое стеклышко, накрыть опрокинутою воронкою и слегка нагрѣть, то бензойная кислота превращается въ паръ и осѣдаетъ на стѣнкахъ воронки въ видѣ бѣлыхъ кристалловъ. Такой способъ полученія называется *возгонкою*, или *сублимированіемъ*. Полученная такимъ образомъ **бензойная кислота** отвѣчаетъ формулѣ C_6H_5-COOH и обладаетъ всѣми свойствами кислоты, т.-е. образуетъ соли, эфиры, водный растворъ ея окрашиваетъ лакмусъ въ красный цвѣтъ и т. д.

Въ главѣ о парафинахъ (стр. 269) говорилось о томъ, что углеводороды могутъ быть получаемы изъ органическихъ кислотъ, если ихъ натріевыя соли нагрѣвать съ ѣдкимъ натромъ; въ видѣ примѣра было указано полученіе метана изъ уксусной кислоты. Точно такимъ же образомъ изъ бензойнокислаго натрія, при нагрѣваніи съ ѣдкимъ натромъ, можетъ быть полученъ соотвѣтствующій углеводородъ:

$$C_6H_5-\underline{COONa+NaO}|H=Na_2CO_3+C_6H_6.$$

Углеводородъ C_6H_6, получаемый изъ бензойной кислоты, получилъ названіе **бензола.** Бензолъ обладаетъ характернымъ запахомъ.

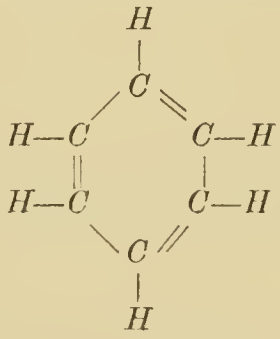
Отъ бензола, какъ и отъ метана, могутъ быть произведены многочисленныя другія соединенія, путемъ замѣны въ бензолѣ водородныхъ атомовъ различными другими атомами или группами (*радикалами*). Всѣ эти соединенія, производныя бензола, получили впослѣдствіи общее названіе *ароматическихъ*, хотя бы они обладали дурнымъ запахомъ или вовсе были безъ запаха.

Такимъ образомъ терминъ «ароматическое соединеніе» въ современномъ его значеніи слѣдуетъ понимать, какъ «производное бензола».

Бензолъ, стало-быть, является основнымъ углеводородомъ большой группы соединеній—ароматическаго ряда. По свойствамъ своимъ ароматическіе углеводороды, бензолъ и его гомологи, а слѣд. и ихъ производныя, значительно отличаются отъ углеводородовъ жирнаго ряда и ихъ производныхъ.

Бензолъ, какъ показываетъ его формула, представляетъ ненасыщенное соединеніе, такъ какъ на 6 атомовъ углерода содержитъ всего 6 атомовъ водорода, тогда какъ тѣ же 6 атомовъ углерода въ насыщенномъ соединеніи — гексанѣ, C_6H_{14}, удерживаютъ 14 атомовъ водорода. Однако, бензолъ, несмотря на свою ненасыщенность, рѣзко отличается отъ ненасыщенныхъ углеводородовъ жирнаго ряда: онъ болѣе проченъ, т.-е. лучше сопротивляется разрушительному дѣйствію различныхъ химическихъ дѣятелей и не измѣняется подъ вліяніемъ высокой температуры; онъ вступаетъ во многія реакціи, которыя не наблюдаются на углеводородахъ жирнаго ряда. Для объясненія такого различія въ свойствахъ приходится допустить, что молекула бензола сложена изъ атомовъ иначе, чѣмъ молекулы жирныхъ соединеній.

Основываясь на вышеприведенныхъ соображеніяхъ, а также на цѣломъ рядѣ другихъ, болѣе сложныхъ, нѣмецкій ученый Кекуле высказалъ мысль, что 6 атомовъ углерода въ молекулѣ бензола образуютъ замкнутую цѣпь, т.-е. какъ бы кольцо. Къ каждому углеродному атому присоединяется по одному атому водорода. Кромѣ того, такъ какъ углеродный атомъ четырехвалентенъ, т.-е. обладаетъ четырьмя единицами сродства (изображаемыми на чертежѣ черточками), то въ этомъ кольцѣ приходится допустить три двойныхъ связи: каждый углеродный атомъ связанъ *одною связью* съ однимъ сосѣднимъ атомомъ и *двумя связями* (двойною связью) съ другимъ. Такимъ образомъ формула строенія бензола получаетъ слѣдующій видъ:



Это шестичленное кольцо углеродныхъ атомовъ называется **бензольнымъ ядромъ** или кольцомъ, а такъ какъ всѣ ароматическія соединенія производятся отъ бензола, — это ядро содержится и во всѣхъ ароматическихъ соединеніяхъ.

Главнымъ источникомъ для полученія бензола является каменноугольный деготь, одинъ изъ продуктовъ сухой перегонки каменнаго угля (см. свѣтильный газъ стр. 184 и 197). Деготь этотъ представляетъ собою весьма сложную смѣсь самыхъ разнообразныхъ органическихъ соединеній, главная масса которыхъ принадлежитъ къ ароматическимъ соединеніямъ. Деготь подвергаютъ перегонкѣ (о перегонкѣ см. стр. 269) и улавливаютъ отдѣльно части, кипящія въ различныхъ предѣлахъ температуры. Напр., можно раздѣлить каменноугольный деготь на такія части:

1. то, что перегоняется до 200°; это такъ называемое легкое масло, такъ какъ оно легче воды и на ней плаваетъ;

2. то, что перегоняется отъ 200° до 300°. это — тяжелое масло, такъ какъ оно тяжелѣе воды и въ ней тонетъ;

3. полужидкую массу, остающуюся въ перегонномъ аппаратѣ послѣ отгонки первыхъ двухъ частей.

Бензолъ содержится въ легкомъ маслѣ и извлекается оттуда путемъ дальнѣйшей переработки. Кромѣ самаго бензола, въ легкомъ маслѣ содержатся нѣкоторые его гомологи: толуолъ — $C_6H_5(CH_3)$, ксилолы — $C_6H_5(CH_3)_2$ и др.

Бензолъ представляетъ собой безцвѣтную жидкость пріятнаго запаха; съ водою не смѣшивается; весьма горючъ и при горѣніи даетъ много копоти; кипитъ легче воды, именно при 80°.

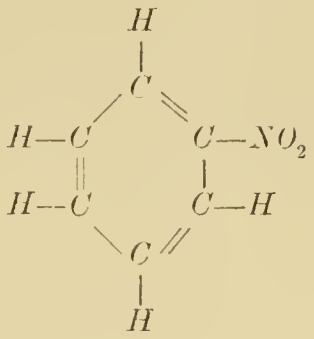
Не слѣдуетъ смѣшивать бензола съ бензиномъ. Бензолъ, какъ должно быть ясно изъ вышеизложеннаго, есть вполнѣ опредѣленное химическое соединеніе — углеводородъ, отвѣчающій формулѣ C_6H_6. Бензинъ же, это — смѣсь различныхъ углеводородовъ, не имѣющая опредѣленнаго состава и получающаяся при перегонкѣ каменноугольнаго дегтя или нефти.

Слѣдующія реакціи являются характерными для бензола и его гомологовъ.

1. *Нитрированіе* (*нитрованіе*), т.-е. дѣйствіе азотной кислоты. При этомъ одинъ водородный атомъ въ бензольномъ ядрѣ замѣщается группою NO_2 (*нитро*) и выдѣляется молекула воды:

$$C_6H_6 + HNO_3 = H_2O + C_6H_5—NO_2.$$

Полученное новое вещество называется нитробензоломъ, и его формула строенія будетъ—

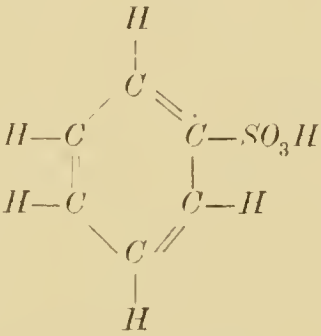


Возможна также замѣна нѣсколькихъ водородныхъ атомовъ бензольнаго ядра нѣсколькими группами NO_2.

2. *Сульфонированіе*, т.-е. дѣйствіе крѣпкой сѣрной кислоты. При этомъ на мѣсто водороднаго атома становится группа SO_3H (*сульфоксилъ*) и выдѣляется молекула воды:

$$C_6H_6 + H_2SO_4 = H_2O + C_6H_5 - SO_3H.$$

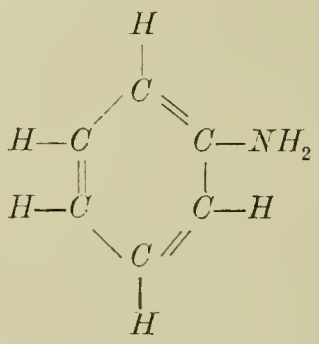
Полученное вещество называется сульфобензоловою кислотою, и его формула строенія, очевидно, такова:



Нитрованіе бензола производится въ большихъ размѣрахъ заводскимъ путемъ, такъ какъ **нитробензолъ** имѣетъ важныя примѣненія. Вещество это представляетъ собой жидкость желтаго цвѣта, обладающую запахомъ горькаго миндаля; примѣняется въ парфюмеріи, напр. для приготовленія душистаго (горькоминдальнаго) мыла. Но главное примѣненіе нитробензола заключается въ его дальнѣйшей химической переработкѣ. Его смѣшиваютъ съ желѣзными опилками и обломками желѣза и подвергаютъ дѣйствію соляной кислоты. Желѣзо вытѣсняетъ изъ кислоты водородъ, а этотъ водородъ *возстановляетъ* группу NO_2 и превращаетъ ее въ группу NH_2, образуя при этомъ воду:

$$C_6H_5NO_2 + 6H = C_6H_5 - NH_2 + 2H_2O.$$

Полученное вещество называется **анилиномъ** и, какъ показываетъ его формула, должно быть отнесено къ классу аминовъ, т.-е. его можно разсматривать или какъ продуктъ замѣщенія одного водорода въ молекулѣ амміака группой C_6H_5, или же какъ продуктъ замѣщенія одного водорода въ бензольномъ ядрѣ группою NH_2 (см. амины, стр. 218). Анилинъ, слѣдовательно, отвѣчаетъ такой формулѣ строенія:



Какъ и прочіе амины, онъ соединяется съ кислотами и образуетъ соли, т.-е. обладаетъ основными свойствами. Анилинъ, когда онъ чистъ, представляетъ собой безцвѣтную маслянистую жидкость. На воздухѣ онъ быстро измѣняется, желтѣетъ и послѣ долгаго стоянія становится совсѣмъ бурымъ.

Хотя анилинъ самъ по себѣ не краска, но изъ него приготовляютъ путемъ цѣлаго ряда химическихъ превращеній многочисленныя краски всѣхъ цвѣтовъ радуги, употребляемыя для крашенія различныхъ тканей и для ситцепечатанія. Въ этомъ главное техническое значеніе анилина. Краски эти извѣстны подъ общимъ именемъ анилиновыхъ красокъ. Фабрикація этихъ искусственныхъ красокъ достигаетъ въ настоящее время громадныхъ размѣровъ, въ особенности въ Германіи. Иногда бываетъ достаточно погрузить ткань на нѣкоторое время въ растворъ краски, чтобы она окрасилась въ желаемый цвѣтъ (*субстантивное крашеніе*). Въ другихъ же случаяхъ краска не удерживается волокномъ ткани и, чтобы окрасить ткань, нужно прибѣгать къ такъ называемымъ *протравамъ*. Протравою называется такое вещество, которое, съ одной стороны, удерживается тканью, а съ другой— соединяется съ краскою и служитъ какъ бы для прикрѣпленія краски къ ткани. Напр., если красную анилиновую краску, называемую фуксиномъ, растворить въ водѣ и вымочить въ такомъ, слегка подогрѣтомъ, растворѣ лоскутокъ бѣлой бумажной ткани, она окрасится въ очень блѣдный розовый цвѣтъ, а если ее хорошенько выстирать съ мыломъ, то краска почти вся смоется. Если же лоскутокъ предварительно пропитать растворомъ тан-

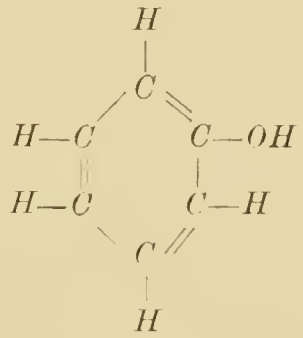
нина, а потомъ вымочить въ растворѣ фуксина, то ткань окрашивается въ яркій, несмываемый красный цвѣтъ. Здѣсь таннинъ служитъ протравою. Въ качествѣ протравъ часто употребляютъ соли алюминія и многія другія вещества (стр. 242 и 252).

Сульфобензоловая кислота, приготовляемая на заводахъ въ большихъ количествахъ, также служитъ для дальнѣйшей химической переработки. Натріевую соль этой кислоты—сульфобензоловый натрій—сплавляютъ съ ѣдкимъ натромъ. При этомъ группа $-SO_3Na$ обмѣнивается на гидроксильную группу, и выдѣляется сѣрнистокислый натрій

$$C_6H_5.SO_3Na + NaOH = Na_2SO_3 + C_6H_5.OH.$$

Полученное, такимъ образомъ, новое производное бензола можно разсматривать какъ продуктъ замѣщенія одного водороднаго атома въ бензольномъ ядрѣ группой гидроксила.

Гидроксильныя производныя жирныхъ углеводородовъ, какъ уже было указано (стр. 272), называются спиртами (алкоголями); гидроксильныя производныя ароматическихъ углеводородовъ, подобныя вышеприведенному, называются феноламн. Полученный фенолъ $C_6H_5.OH$ отвѣчаетъ формулѣ строенія—

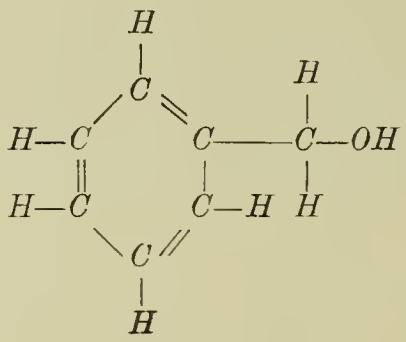


Фенолы не только названіемъ отличаются отъ алкоголей, но и химическими свойствами. Фенолы обладаютъ свойствами слабыхъ кислотъ (чего не наблюдалось у спиртовъ), и обыкновенный **фенолъ**, формула котораго приведена выше, называется даже въ общежитіи *карболовою кислотою*. Это—обыкновенная «карболка», употребляемая въ медицинѣ, какъ дезинфицирующее средство, такъ какъ обладаетъ свойствомъ убивать зародыши разныхъ болѣзней; фенолъ кристалличенъ, легко растворимъ въ водѣ.

При дѣйствіи на фенолъ азотной кислоты, 3 его водорода замѣщаются группою NO_2; получаемое вещество—$C_6H_2(NO_2)_3.OH$ получило за свой горькій вкусъ и кислыя свойства названіе *пикриновой кислоты*. Она примѣняется въ большихъ количествахъ для приготовленія взрывчатыхъ веществъ.

Въ бензольномъ ядрѣ можетъ замѣститься воднымъ остаткомъ и 2, 3 и т. д. атомовъ водорода. Такъ происходятъ многоатомные фенолы, каковъ, напр., *пирокатехинъ*, $C_6H_4(OH)_2$, въ видѣ своего эѳира—гваякола, примѣняемый въ медицинѣ, *пирогалловая кислота*, $C_6H_3(OH)_3$,—въ фотографіи и т. д.

Кромѣ феноловъ извѣстны также настоящіе ароматическіе спирты, т.-е. такія гидроксильныя производныя ароматическихъ углеводородовъ (гомологовъ бензола), которыя не имѣютъ кислотнаго характера и обладаютъ всѣми свойствами спиртовъ. Для нихъ характернымъ является то, что ихъ водный остатокъ, *OH*, не находится въ непосредственной близости съ бензольнымъ ядромъ, а отдѣленъ отъ него, по крайней мѣрѣ, однимъ углероднымъ атомомъ, какъ видно, напр., изъ слѣдующей формулы строенія:



Это—*бензиловый спиртъ*, который можно короче выразить формулою $C_6H_5—CH_2.OH$. Какъ всѣ подобные спирты, бензиловый спиртъ при осторожномъ окисленіи переходитъ въ соотвѣтствующій альдегидъ (см. объ альдегидахъ стр. 268), называемый бензальдегидомъ, $C_6H_5—CHO$, а при болѣе энергичномъ окисленіи въ соотвѣтствующую кислоту—бензойную кислоту, $C_6H_5—COOH$.

Бензальдегидъ встрѣчается въ природѣ. Въ горькомъ миндалѣ содержится сложное вещество—амигдалинъ, которое, распадаясь во время броженія, выдѣляетъ бензальдегидъ. Отсюда бензальдегидъ получилъ названіе горькоминдальнаго масла; онъ обладаетъ запахомъ горькаго миндаля.

Въ природѣ встрѣчается цѣлый рядъ другихъ, болѣе сложнаго состава, ароматическихъ соединеній. Такъ, напр., нѣкорыя растенія содержатъ **салициловую кислоту**, $C_6H_4(OH)—(CO.OH$; натріевая соль этой кислоты употребляется весьма часто какъ лѣкарство. Салициловую кислоту готовятъ въ настоящее время искусственнымъ образомъ.

Кора молодыхъ дубовъ содержитъ такъ наз. дубильныя вещества, т.-е. такія вещества, которыя употребляются для дубленія кожъ и предохраняютъ ихъ отъ гніенія. Простѣйшимъ изъ такихъ веществъ является таннинъ (онъ не пригоденъ для дубленія кожъ), называемый иначе *дубильною кислотою*. Вещество это содержится въ такъ наз. чернильныхъ орѣшкахъ: это—наросты на дубовыхъ листьяхъ, образовавшіеся отъ уколовъ насѣкомаго орѣхотворки. Таннинъ также содержится въ очень многихъ растительныхъ продуктахъ, напр. въ чаѣ, кофе, красномъ винѣ.

Таннинъ представляетъ собой желтый порошокъ, растворимый въ водѣ, вяжущаго вкуса. Таннинъ, или дубильная кислота, даетъ съ солями закиси желѣза, напр. желѣзнымъ купоросомъ, растворъ чернаго цвѣта, представляющій собой обыкновенныя *чернила*. Для того, чтобы чернила не расплывались по бумагѣ, къ нимъ часто прибавляютъ немного гумми-арабику или другого клейкаго вещества. Отъ стоянія на воздухѣ соль закиси желѣза переходитъ въ соль окиси (окисляется), а дубильнокислая соль окиси желѣза представляетъ собою нерастворимый черный порошокъ. Поэтому въ чернильницахъ часто образуется осадокъ, въ особенности, если онѣ плохо закрыты и чернила въ нихъ подвергаются окисляющему дѣйствію воздуха. Написанное чернилами на бумагѣ также окисляется на воздухѣ и плотно пристаетъ къ бумагѣ.

Въ каменноугольномъ дегтѣ, кромѣ бензола, его гомологовъ и производныхъ (анилинъ и фенолъ также находятся въ небольшихъ количествахъ въ дегтѣ), содержатся также углеводороды болѣе сложнаго состава и строенія.

Въ тяжеломъ маслѣ содержится **нафталинъ**, отвѣчающій формулѣ $C_{10}H_8$. Нафталинъ представляетъ бѣлое кристаллическое вещество съ сильнымъ, всѣмъ извѣстнымъ запахомъ. Въ домашнемъ обиходѣ употребляется для предохраненія платья отъ моли.

Въ полужидкой массѣ, остающейся послѣ отгонки легкаго и тяжелаго маселъ изъ каменноугольнаго дегтя, содержится углеводородъ еще болѣе сложнаго состава—**антраценъ**, $C_{14}H_{10}$.

Оба эти углеводорода, нафталинъ и антраценъ, служатъ исходнымъ матеріаломъ для приготовленія такихъ прочныхъ красокъ, какъ *ализаринъ*, которымъ красятъ красный кумачъ, и *индиго*, или синяя кубовая краска.

Ализаринъ и индиго относятся къ важнѣйшимъ естественнымъ красящимъ веществамъ, т.-е. къ такимъ, которыя находятся въ природѣ. Ализаринъ содержится въ корняхъ крапа

или марены, а индиго—въ нѣкоторыхъ деревьяхъ, растущихъ въ жаркомъ климатѣ, преимущественно въ Индіи. Эти краски были извѣстны еще въ глубокой древности и извлекались исключительно изъ растеній. Онѣ не потеряли своего значенія и до настоящаго времени и употребляются въ большихъ количествахъ. Но теперь научились ихъ приготовлять искусственно и фабрикуютъ ежегодно все въ бо̀льшихъ и бо̀льшихъ размѣрахъ.

Отъ нафталина и антрацена, какъ и отъ бензола, производятся цѣлые ряды соединеній, имѣющихъ важное техническое значеніе.

Закончимъ нашъ бѣглый обзоръ органическихъ соединеній нѣкоторыми добавочными свѣдѣніями.

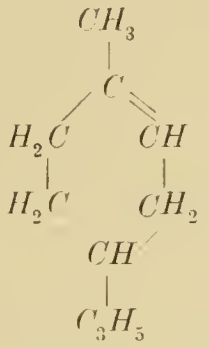
Эфирныя масла, изъ которыхъ получается много ароматическихъ соединеній, очень распространены въ растеніяхъ — въ ихъ листьяхъ, цвѣтахъ, плодахъ, а часто и въ самомъ стволѣ. Отсюда они получаются кипяченіемъ изрѣзанныхъ растеній съ водою въ кубахъ. При этомъ масло перегоняется съ водяными парами. Мутному перегону даютъ отстояться, и онъ раздѣляется на два слоя: нижній—изъ воды и верхній—изъ эфирнаго масла, въ водѣ трудно растворимаго.

Эфирныя масла большею частью жидки, имѣютъ жгучій вкусъ и сильный запахъ, каковы, напр., масла лимонное, тминное, укропное, мятное. Въ большинствѣ случаевъ они летучи уже при обыкновенной температурѣ, и если смочить ими бумажку, то улетучиваются до конца, не оставляя на ней масляныхъ капель. Этимъ эфирныя масла отличаются отъ жирныхъ маселъ—льняного, коноплянаго, подсолнечнаго, имѣющихъ иной запахъ и по составу являющихся сложными эфирами глицерина и жирныхъ кислотъ. На воздухѣ эфирныя масла постепенно мѣняются: они присоединяютъ кислородъ, густѣютъ, нерѣдко темнѣютъ и становятся болѣе или менѣе твердыми.

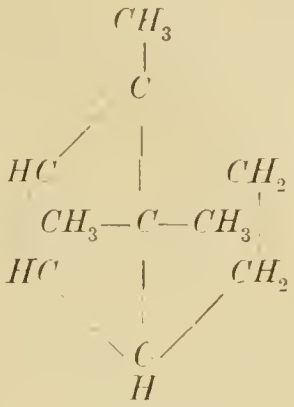
Вещества, похожія на тѣ, какія образуются при окисленіи эфирныхъ маселъ, встрѣчаются уже готовыми въ природѣ. Они, называются вообще смолами. Вмѣстѣ съ эфирными маслами смолы выдѣляются изъ растеній железками или же вытекаютъ изъ надрѣзовъ.

Въ эфирныхъ маслахъ, добываемыхъ изъ *хвойныхъ растеній*, находятся углеводороды, имѣющіе составъ $C_{10}H_{16}$ и называемые общимъ именемъ **терпеновъ**. Это—соединенія, имѣющія кольцо изъ шести атомовъ углерода; въ однихъ терпенахъ есть боковыя цѣпи, въ другихъ кольцо изъ 6 атомовъ углероды—такъ сказать основное — спаяно съ другимъ кольцомъ, содержащимъ

меньшее число атомовъ углерода. Примѣрами могутъ служить: лимоненъ — изъ лимоннаго масла и камфенъ — изъ камфарнаго:



лимоненъ.



камфенъ.

Получаются терпены такъ, что на стволахъ хвойныхъ деревьевъ дѣлаются надрѣзы, изъ которыхъ вытекаетъ вязкая жидкость—*терпентинъ*, или *живица*. Живица есть смѣсь скипидара со смолистыми веществами, которые можно отдѣлить перегонкою съ водою. Скипидаръ при этомъ перегоняется въ видѣ масла, плавающаго на водѣ, а остается смола, называемая *канифолью*. Повторною перегонкою скипидара получаютъ и самый терпенъ, $C_{10}H_{16}$.

Настоящая, естественная **камфара**, имѣетъ составъ $C_{10}H_{16}O$ и по химическимъ свойствамъ оказывается кетономъ. Иначе она называется японскою камфарою; добывается перегонкою съ водою измельченныхъ частей камфарнаго дерева, въ стволѣ и листьяхъ котораго она находится. Очищенная возгонкой, камфара представляетъ прозрачные кристаллы съ сильнымъ, особеннымъ запахомъ. Она улетучивается уже при комнатной температурѣ.

Много камфары въ настоящее время идетъ на приготовленіе *целлулоида;* это есть смѣсь камфары съ нитроклѣтчаткою, получающейся дѣйствіемъ азотной кислоты на клѣтчатку. Около 80° целлулоидъ размягчается, и ему можно придать любую форму. Изъ целлулоида дѣлаются гребенки, пуговицы, палки, но онъ легко можетъ воспламениться (даже отъ спички) и потому не совсѣмъ безопасенъ.

БІОХИМІЯ [1]).

Живое существо непрестанно нуждается въ пищѣ и, потребляя и усваивая ее, превращаетъ этимъ самымъ мертвую матерію въ живое вещество. Когда молодое животное, потребляя пищу, растетъ, оно увеличиваетъ живое вещество своего тѣла, т.-е. его массу, количество; откуда берется это вещество? Конечно, изъ мертвой матеріи пищи. Когда весной поля и луга покрываются свѣжей зеленью, это значитъ, что на нихъ появились милліоны живыхъ растеній, они растутъ, цвѣтутъ. Откуда взялось живое вещество, изъ котораго состоитъ тѣло растеній? Оно образовалось изъ той мертвой почвы, въ которой не было никакихъ признаковъ жизни. Настанетъ осень, трава и цвѣты завянутъ и сгніютъ, и ихъ живое вещество мало-по-малу вновь превратится въ ту мертвую почву, изъ которой оно образовалось. Также гніютъ и разлагаются трупы животныхъ — вотъ примѣры обратнаго перехода отъ живого вещества къ мертвому. Мертвая пища сама собой никогда не превратится въ живое тѣло; это происходитъ только въ *живомъ* организмѣ, внутри него; равнымъ образомъ, и мертвые запасы почвы превращаются въ живое растеніе только тогда, когда въ почвѣ есть сѣмена съ ихъ живыми или жизнеспособными зародышами.

Химія доказываетъ, что свойства тѣлъ зависятъ отъ ихъ состава. Всякое вещество путемъ ряда химическихъ превращеній можетъ быть разложено на извѣстное количество простыхъ тѣлъ, или элементовъ (см. выше). Вся судьба и всѣ свойства вещества зависятъ отъ качества химическихъ элементовъ, входящихъ въ составъ этого вещества. Каждый атомъ углерода, откуда бы онъ ни происходилъ, по своимъ свойствамъ совершенно одинаковъ. Алмазъ представляетъ собой самое твердое

---

[1]) Біохимія изучаетъ химическій составъ живыхъ существъ — животныхъ, растеній, и химическія свойства веществъ, изъ которыхъ состоятъ ихъ тѣла. См. Зоологію во 2 томѣ Энциклопедіи и Физіологію въ 5 томѣ.

кристаллическое тѣло, очень постоянное, при обыкновенной температурѣ, не измѣняющееся въ теченіе десятковъ столѣтій. Наоборотъ, живое существо, въ составъ котораго также входитъ углеродъ, является самой измѣнчивой, непостоянной формой матеріи, которая находится въ состояніи непрерывнаго разложенія. И тѣмъ не менѣе, атомъ углерода въ алмазѣ и атомъ углерода въ бѣлкѣ живого тѣла сами по себѣ ничѣмъ не отличаются другъ отъ друга. Нагрѣвая алмазъ въ кислородѣ, можно сжечь его и превратить въ угольную кислоту. Если въ этой угольной кислотѣ вырастить зеленое растеніе, углеродные атомы ея войдутъ въ составъ живого тѣла растенія и могутъ образовать частицу живого бѣлка. Обратно, обугливая живое вещество и подвергая полученный уголь кристаллизаціи, можно получить изъ растенія алмазъ. Слѣдовательно, дѣйствительно, нѣтъ никакой разницы между атомомъ угля въ алмазѣ и атомомъ угля въ живомъ бѣлкѣ. Атомы недѣлимы и при обыкновенныхъ условіяхъ неизмѣняемы: все разнообразіе свойствъ веществъ зависитъ только отъ разнообразія комбинацій, или сочетаній между атомами; но каждый атомъ углерода, откуда бы онъ ни происходилъ, способенъ ко всѣмъ тѣмъ комбинаціямъ, къ которымъ способенъ всякій другой атомъ угля.

При химическомъ анализѣ живого вещества животныхъ и растеній въ его составѣ не было обнаружено ни одного элемента, который не встрѣчался бы и въ мертвой природѣ. Въ самомъ дѣлѣ, въ составъ живого вещества входятъ: *углеродъ*, *водородъ*, *азотъ*, *кислородъ*, *сѣра*, *фосфоръ*, *желѣзо*, *калій*, *натрій*, *магній*, *кальцій*, *хлоръ*. Всѣ эти элементы находятся не только въ живой, но также и въ мертвой природѣ. (См. т. II Энциклопедіи). Слѣдовательно, согласно сказанному выше, въ составѣ мертвой природы находятся такіе элементы, которые могутъ образовать живое вещество; для этого нужно лишь поставить ихъ въ соотвѣтствующія условія. Разберемъ же, что это за условія.

Въ живомъ веществѣ мы встрѣчаемъ тѣ же самые элементы, какіе находятся и въ мертвой природѣ, но эти элементы образуютъ здѣсь очень сложныя органическія соединенія другъ съ другомъ. Правда, громадное большинство этихъ углеродистыхъ соединеній можетъ быть получено искусственно въ лабораторіи, безъ участія живыхъ организмовъ (см. ниже), и нѣтъ причины сомнѣваться, что впослѣдствіи будутъ получены искусственно и всѣ соединенія, входящія въ составъ живого тѣла.

Соединенія мертвой и живой природы состоятъ изъ однихъ и тѣхъ же элементовъ, только соединенія мертвой природы го-

раздо болѣе простого состава, *а химическія соединенія живой природы несравненно болѣе сложнаго состава.*

Вещества, составляющія тѣла живыхъ организмовъ, вырабатываются изъ *угольной кислоты* (CO_2) и *воды* (H_2O). Изъ этихъ сравнительно простыхъ, тѣлъ образуются въ растеніяхъ очень сложные *сахары (углеводы)* и *жиры*; изъ нихъ же (съ присоединеніемъ амміака) вырабатываются самыя сложныя изъ всѣхъ извѣстныхъ соединеній—*бѣлки*. Эти три рода тѣлъ служатъ въ дальнѣйшемъ питательнымъ веществомъ для самого растенія, они же являются главными составными частями пищи для животнаго, которое пользуется бѣлками, жирами и углеводами, пожирая либо тѣло растеній, либо тѣло травоядныхъ животныхъ, образовавшееся на счетъ растительнаго вещества. Бѣлки, жиры и углеводы входятъ главной составной частью въ составъ пищи потому, что сгорая въ тѣлѣ, т.-е. превращаясь опять въ угольную кислоту, воду и амміакъ (именно въ мочевину), эти вещества выдѣляютъ много энергіи, тепла, а тепломъ этимъ живое животное тѣло пользуется для своихъ цѣлей, превращая тепло въ различныя формы энергіи (движеніе, электрическое напряженіе и прочее). Это есть источникъ энергіи. Но ни мертвое ни живое вещество не могутъ создавать энергію изъ ничего (см. выше Физику). Энергія должна быть откуда-нибудь получена въ готовомъ видѣ, въ живомъ тѣлѣ она не создается, а лишь видоизмѣняется, переходя изъ скрытой химической энергіи, недоступной нашимъ чувствамъ, въ тепло, движеніе и проч., т.-е. въ такія формы энергіи, которыя доступны нашему изученію, нашимъ органамъ чувствъ. Источникомъ энергіи, такъ сказать *магазиномъ* или *запасомъ силъ*, и являются *пищевыя* вещества — *бѣлки, углеводы* и *жиры;* безъ этого источника энергіи, безъ подвоза пищи жизнь была бы невозможна.

Съ точки зрѣнія запаса силы, нужно признать крупную разницу между веществами мертвой природы и между пищевыми веществами. Изъ угольной кислоты, воды и амміака мы не можемъ получить энергіи; наоборотъ, подвергая бѣлки, углеводы и жиры окисленію—все равно, сжигаемъ ли мы ихъ въ печи или въ организмѣ,—мы получаемъ большой запасъ энергіи. Слѣдовательно атомныя группы углерода, водорода и азота, проходя черезъ живой міръ именно черезъ растенія, нагружаются солнечною лучистою энергіей, они служатъ какъ бы перевознымъ или передаточнымъ средствомъ для энергіи, которой и пользуются живые организмы для того, чтобы осуществить жизненные процессы.

По закону Бертло, сами собой образуются только такія вещества, въ которыхъ *не* заключается запаса энергіи, которыя

при своемъ образованіи не поглощаютъ, а выдѣляютъ тепло. Такія химическія реакціи или превращенія, идущія съ выдѣленіемъ тепла, называются *экзотермическими* реакціями; тѣ же реакціи, при которыхъ тепло поглощается, носятъ названіе *эндотермическихъ реакцій*. Если, напримѣръ, какое-нибудь химическое вещество или тѣло *A* превращается въ тѣло *B* съ нагрѣваніемъ, т.-е. съ выдѣленіемъ тепла, то обратное превращеніе тѣла *B* въ тѣло *A* сопровождается поглощеніемъ тепла (эндотермически) въ томъ же самомъ количествѣ. По закону Бертло, первая реакція можетъ происходить сама собой, вторая же требуетъ подвоза и потребленія энергіи извнѣ, сама собой она не идетъ.

Намъ извѣстно, что бѣлки, углеводы и жиры, сгорая, т.-е. превращаясь въ угольную кислоту и воду (а бѣлки еще въ азотъ), выдѣляютъ тепло; этимъ мы пользуемся даже для отопленія и освѣщенія, сжигая дрова (главнымъ образомъ, состоящія изъ углеводовъ) въ нашихъ печахъ, а жиръ (масло) сжигая въ лампадкахъ. Другими словами, превращеніе пищевыхъ началъ въ угольную кислоту и воду есть реакція экзотермическая, Отсюда слѣдуетъ, что обратное превращеніе угольной кислоты, воды (и амміака) въ пищевыя начала должно сопровождаться поглощеніемъ тепла, т.-е. превращеніемъ его въ скрытое состояніе энергіи; это есть реакція эндотермическая. Иначе говоря, она можетъ происходить лишь при условіи подвоза энергіи извнѣ. Это имѣетъ мѣсто въ зеленомъ растеніи при участіи энергіи солнечныхъ лучей.

Какъ извѣстно, растеніе можно воспитывать или выращивать на растворахъ только минеральныхъ солей (см. томъ II Ботаника. Въ этомъ случаѣ тѣло растенія, состоящее изъ органическаго, т.-е. углеродистаго вещества, образуется явнымъ образомъ на счетъ углекислоты воздуха, такъ какъ въ соляномъ растворѣ углерода нѣтъ. Дѣйствительно, помѣстимъ зеленую вѣтку растенія въ цилиндръ, наполненный водой, содержащей въ растворѣ угольную кислоту и опрокинутый надъ водяною ванной. Если выставить такой приборчикъ, весь наполненный водою, на свѣтъ, то надъ вѣткой будутъ скопляться пузырьки газа, который состоитъ изъ чистаго кислорода. Точное изслѣдованіе показало, что происходящую при этомъ реакцію можно выразить уравненіемъ:

$$\underset{\text{Угольная кислота.}}{CO_2} + \underset{\text{Вода.}}{H_2O} = \underset{\text{Муравьиный альдегидъ.}}{CH_2O} + \underset{\text{Кислородъ.}}{O_2}$$

Въ зеленомъ листѣ на свѣту изъ угольной кислоты и воды выдѣляется кислородъ, а при растеніи образуется тѣло состава CH_2O, такъ называемый муравьиный альдегидъ. Послѣдній даетъ въ дальнѣйшемъ своемъ превращеніи, въ смыслѣ усложненія частицы, виноградный сахаръ; для этого 6 частицъ альдегида должны соединиться другъ съ другомъ

$$6CH_2O = C_6H_{12}O_6$$

Виноградный сахаръ.

Слѣдовательно, въ зеленомъ листѣ [1]) происходитъ отнятіе кислорода отъ угольной кислоты или, какъ говорятъ, *возстановленіе угольной кислоты* (возстановленіемъ называется процессъ противоположный окисленію, т.-е. отнятіе кислорода). Это есть реакція сильно эндотермическая, т.-е. сопровождающаяся поглощеніемъ большого количества силы, а потому требующая притока энергіи извнѣ. Источникомъ энергіи въ этомъ случаѣ является *солнечный лучъ*. Разложеніе углекислоты зеленымъ растеніемъ происходитъ только на свѣту; въ темнотѣ растенія выдѣляютъ не кислородъ, а угольную кислоту; послѣдняя происходитъ вслѣдствіе другого процесса—дыханія растеній.

Итакъ, источникомъ энергіи при разложеніи угольной кислотой является лучъ солнца, а приборомъ, улавливающимъ энергію солнечнаго луча, служитъ зеленая краска листа, или хлорофиллъ. Въ самомъ дѣлѣ, разложеніе угольной кислоты происходитъ только въ зеленыхъ растеніяхъ.

Животное неспособно приготовлять органическое вещество, оно вынуждено получать готовую пищу отъ истинныхъ тружениковъ живого міра—отъ зеленыхъ растеній. Животное расточаетъ тотъ запасъ энергіи, который былъ уловленъ растеніемъ изъ солнечнаго луча, и отложенъ въ атомныхъ группахъ углерода и водорода. Энергія солнца, разлитая въ земной атмосферѣ и уловленная растеніемъ, чрезъ организмъ животнаго, вновь переходитъ въ атмосферу (и за ея предѣлы) и въ конечномъ счетѣ превращается въ тепло (ср. томъ V Физіологія).

Пищевыя начала въ организмѣ животнаго (отчасти и организмѣ растенія) превращаются въ *угольную* кислоту, *воду* и въ органическія *азотистыя* вещества. Этими веществами являются, главнымъ образомъ, *мочевина* и *мочевая кислота*. Такимъ образомъ, пройдя чрезъ тѣло растенія и животнаго, углеродъ и водородъ возвращаются во внѣшнюю мертвую природу въ той же

[1]) См. томъ 2 Энциклопедіи въ Ботаникѣ.

формѣ, въ какой они изъ нея вышли. Не то, однако, нужно сказать относительно азота, который входитъ въ живой міръ въ формѣ амміака, а выходитъ изъ организма животнаго въ видѣ мочевины. Угольная кислота и вода, выйдя изъ живого вещества, могутъ снова служить пищей растенію и вновь войти въ круговоротъ вещества. Но ни мочевина, ни мочевая кислота не могутъ служить растеніямъ матеріаломъ для приготовленія бѣлка. Далѣе каждое живое существо—животное и растеніе—умирая, оставляетъ послѣ себя трупъ. Трупы состоятъ изъ сложныхъ органическихъ соединеній, которыми также не въ силахъ овладѣть зачинатель жизни — живое растеніе. Въ результатѣ жизнь прекратилась бы вслѣдствіе истощенія азотистыхъ запасовъ почвы: весь азотъ былъ бы превращенъ въ мертвую форму въ видѣ горъ труповъ и залежей мочевины и мочевой кислоты.

Но тутъ въ дѣло вмѣшиваются бактеріи [1]). Онѣ разлагаютъ мочевину и мочевую кислоту, превращая эти тѣла въ амміакъ и въ угольную кислоту, онѣ вызываютъ гніеніе и броженіе труповъ животныхъ и растеній и мало-по-малу превращаютъ всѣ органическія вещества, оставленныя живымъ міромъ въ качествѣ отбросовъ, все въ тѣ же конечные продукты въ *амміакъ, угольную кислоту и воду*. Въ результатѣ совмѣстной дѣятельности животныхъ и микроорганизмовъ органическое вещество, накопленное растеніемъ, окончательно минерализуется, принимая форму первоначальнаго исходнаго матеріала и въ этой формѣ вновь поступая въ круговоротъ жизни.

Самымъ распространеннымъ и наиболѣе важнымъ азотистымъ соединеніемъ, вырабатываемымъ въ живомъ мірѣ, является *бѣлокъ*. Подъ вліяніемъ разнообразныхъ бактерій, носящихся, между прочимъ, въ воздухѣ, бѣлковыя вещества (мясо, кровь, яйца и проч.) легко загниваютъ, при чемъ образуется рядъ дурно пахнущихъ веществъ, какъ сѣроводородъ, меркаптаны, индолъ, скатолъ. Образованіе этихъ дурнопахнущихъ продуктовъ и считается признакомъ бѣлковаго гніенія. Химическіе процессы при гніеніи бываютъ различны, смотря по тому, происходитъ ли гніеніе въ обычныхъ условіяхъ, т.-е. безъ доступа воздуха, или же при обильномъ доступѣ воздуха. Во второмъ случаѣ разложеніе органическаго вещества идетъ до конца, до угольной кислоты, воды и амміака; а въ первомъ случаѣ (безъ воздуха) разложеніе останавливается на болѣе ранней ступени. Азотъ и въ томъ и въ другомъ случаѣ выдѣляется изъ бѣлка въ формѣ амміака. Въ видѣ амміачныхъ солей азотъ поступаетъ затѣмъ въ почву.

---

[1]) См. 2-й томъ Энциклопедіи и 5-й томъ.

Однако зеленое растеніе не въ состояніи овладѣть азотомъ, пока онъ находится въ почвѣ въ этой формѣ. Для того, чтобы азотъ изъ почвы перешелъ въ составъ растенія и могъ послужить вновь для образованія бѣлка, его необходимо окислить, превративши въ азотную кислоту. Это происходитъ въ почвѣ подъ вліяніемъ двухъ различныхъ бактерій: первая окисляетъ амміакъ въ азотистую кислоту (HNO_2), а вторая доканчиваетъ это окисленіе, вырабатывая азотную кислоту HNO_3 (нитрификація). Послѣдняя, соединяясь съ каліемъ, даетъ селитру, которая и составляетъ самое важное азотистое питательное вещество для растеній. Когда на поля вывозится навозъ и запахивается въ землю, органическія азотистыя вещества навоза сперва даютъ амміакъ, а послѣдній затѣмъ подъ вліяніемъ упомянутыхъ бактерій, окисляется въ азотистую и азотную кислоту.

Безазотистыя органическія вещества накопляются, главнымъ образомъ, въ растеніяхъ, въ животномъ тѣлѣ ихъ мало. Къ этому разряду тѣлъ относятся *клѣтчатка* (целюлеза), *крахмалъ*, *сахаръ* и проч.

На дно стоячихъ водъ, въ болотахъ и лужахъ, каждой осенью падаютъ увядшія растенія, тѣло которыхъ къ этому времени состоитъ, главнымъ образомъ, изъ *клѣтчатки*. Здѣсь подъ вліяніемъ особыхъ бактерій клѣтчатка подвергается болотному броженію, въ результатѣ котораго выдѣляется угольная кислота, водородъ, метанъ и органическія кислоты; такимъ образомъ, часть клѣтчатки (около $^1/_3$) уже при самомъ болотномъ броженіи превращается въ угольную кислоту, т.-е. можетъ вновь поступить въ круговоротъ жизни и послужить матеріаломъ для роста зеленыхъ растеній. Та часть клѣтчатки ($^2/_3$), которая при болотномъ броженіи превращается въ жирныя кислоты, въ концѣ-концовъ, подъ вліяніемъ новыхъ бактерій, превращается тоже въ угольную кислоту и въ воду.

Другимъ углеводомъ, вырабатываемымъ въ растеніи, является *виноградный сахаръ* и другіе виды сахара. Если эти вещества попадаютъ въ тѣло животнаго, они сгораютъ до угольной кислоты и воды. Если же сахарные запасы растенія остаются непотребленными животнымъ, они подвергаются ряду превращеній подъ вліяніемъ бактерій; въ результатѣ этихъ превращеній образуется также угольная кислота и вода.

Первоначальное разложеніе сахаровъ происходитъ подъ вліяніемъ *дрожжей*, при чемъ изъ сахара образуется спиртъ и угольная кислота. Такимъ образомъ, часть углерода уже при самомъ спиртовомъ броженіи принимаетъ форму исходнаго матеріала—угольной кислоты. Той же судьбѣ подвергается, однако, и спиртъ.

Подъ вліяніемъ другихъ бактерій при доступѣ воздуха спиртъ превращается въ уксусную кислоту, а эта послѣдняя, подъ вліяніемъ еще новыхъ бактерій, даетъ угольную кислоту и воду.

Химическій составъ протоплазмы.

Химическій составъ протоплазмы, т.-е. того сложнаго вещества, изъ котораго построены живыя существа, отличается строгой опредѣленностью: протоплазма всякой живой клѣтки [1]) имѣетъ совершенно опредѣленный составъ. Правда, наблюдая протоплазму въ микроскопъ, мы нерѣдко находимъ въ ней различныя постороннія примѣси, напримѣръ, частицы пищи у одноклѣточныхъ животныхъ, капли жира, глыбки гликогена и прочее. Но эти примѣси, или, какъ говорятъ, включенія, не входятъ обязательно въ составъ протоплазмы, онѣ только механически примѣшаны къ ней.

Что же касается истинно живого вещества протоплазмы, оно отличается строгимъ постоянствомъ состава. Живое вещество состоитъ изъ многихъ химическихъ соединеній, но эти соединенія входятъ въ составъ протоплазмы всегда въ опредѣленныхъ отношеніяхъ другъ къ другу. Такъ, въ составѣ мышцъ не можетъ не быть фосфорнокаліевой соли, въ составѣ мозга обязательно долженъ быть фосфористый жиръ (лецитинъ), въ составѣ костей—фосфорнонзвестковая соль и т. д. Притомъ количества этихъ веществъ также строго опредѣленны, составныя части каждой протоплазмы должны входить въ нее въ опредѣленномъ количествѣ, ни больше, ни меньше.

Протоплазма представляетъ собой, такимъ образомъ, не случайную смѣсь различныхъ веществъ, а стройное цѣлое, всѣ составныя части котораго находятся въ строгой зависимости другъ отъ друга.

Опыты показываютъ, что протоплазма различныхъ клѣтокъ тѣла различается по составу; такъ, протоплазма щитовидной железы не одинакова съ протоплазмой мышцъ, протоплазма печени неодинакова съ протоплазмой почки и такъ далѣе. Кромѣ того, доказано, что какъ только разрушена, растворена какая-либо одна существенная составная часть клѣтки, то вся протоплазма распадается; когда, по какой-либо причинѣ, разрушенъ бѣлокъ, входящій въ составъ живой клѣтки, то и вся клѣтка растворяется, погибаетъ.

1. Бѣлокъ представляетъ собой главную составную часть протоплазмы. Всякое живое вещество обязательно содержитъ

---

[1]) См. т. 2 и 5 Нар. Энциклопедіи.

бѣлокъ. Бѣлокъ не образуется нигдѣ въ природѣ, кромѣ какъ въ живомъ веществѣ. Когда изъ клѣтки исчезаетъ бѣлокъ, это значитъ, что клѣтка умираетъ. Такъ, клѣтки древесины растенія, состоящія только изъ одной оболочки и не содержащія въ своемъ составѣ бѣлка, несомнѣнно, мертвы. Поэтому бѣлокъ нужно считать *главной составной частью живого вещества*; бѣлокъ и есть то химическое соединеніе, которое безусловно необходимо для жизни, безъ котораго жизнь немыслима. Поэтому бѣлокъ называется *носителемъ жизни*.

Бѣлки состоятъ изъ углерода, водорода, азота, сѣры и кислорода. Молекулярный вѣсъ бѣлка очень высокъ: молекула бѣлка вѣситъ въ 4.000—7.000 разъ больше, чѣмъ молекула водорода. Формула бѣлка, указывающая число атомовъ различныхъ элементовъ въ его частицѣ, содержитъ нѣсколько сотъ атомовъ различныхъ элементовъ. Строеніе частицы бѣлка съ точностью до сихъ поръ неизвѣстно, но нѣкоторое представленіе о бѣлкѣ можно составить, изучая продукты естественнаго и искусственнаго разложенія бѣлка.

Когда въ составъ молекулы вещества входятъ нѣсколько сотъ атомовъ одного и нѣсколько сотъ атомовъ другого элемента, очевидно, нѣтъ возможности заранѣе предсказать, какъ именно, въ какой группировкѣ соединены эти атомы другъ съ другомъ, потому что число возможныхъ сочетаній ихъ между собой здѣсь черезчуръ велико. Въ этомъ случаѣ не остается ничего больше, какъ постепенно разрушать вещество, разъединяя составляющія его атомныя группы, т.-е. разбить молекулу вещества на болѣе мелкія молекулы, и изучить строеніе и атомныя связи въ этихъ *болѣе простыхъ* веществахъ: тогда, на основаніи строенія частей, станетъ понятнымъ и строеніе цѣлаго, т.-е. первоначальнаго сложнаго вещества.

Такъ и поступаютъ химики при изученіи сложныхъ соединеній, такъ же изучается и строеніе бѣлка. При кипяченіи съ разведенной сѣрной кислотой бѣлокъ разлагается на рядъ веществъ довольно сложнаго еще состава, строеніе которыхъ, однако, точно изучено. Всѣ эти вещества принадлежатъ къ такъ называемымъ *аминокислотамъ*; они представляютъ собой особаго рода сочетаніе амміака съ органическими кислотами.

Такова, напримѣръ:

Аминоуксусная кислота $O=C\begin{matrix}CH_2—NH_2\\OH\end{matrix}$ $=C_2H_5NO_2$

Аминокислоты (аминоуксусная, аминопропіоновая и др.) представляютъ собой соединеніе двойственнаго характера: остаткомъ угольной кислоты онѣ соединяются съ основаніями, образуя съ ними соли, а въ другой разъ остаткомъ амміака могутъ соединяться съ кислотами, образуя съ послѣдними также соли.

Именно эти соединенія двойственнаго химическаго характера (основного и кислотнаго) и образуютъ основу бѣлковой молекулы. Аминокислоты могутъ соединяться другъ съ другомъ, образуя иногда очень длинныя сочетанныя цѣпи (полипептиды) Такимъ именно путемъ, по всей вѣроятности, изъ разныхъ аминокислотъ и выстраивается въ живомъ тѣлѣ сложная бѣлковая молекула.

До сихъ поръ бѣлокъ не могъ быть полученъ искусственно. Однако съ тѣхъ поръ, какъ былъ выясненъ составъ бѣлка изъ отдѣльныхъ аминокислотъ и способъ соединенія аминокислотъ другъ съ другомъ, дѣлались попытки получить тѣла, сходныя съ бѣлкомъ; эти попытки увѣнчались успѣхомъ, и благодаря работамъ современнаго геніальнаго химика Э. Фишера, есть надежда въ будущемъ получить бѣлокъ искусственнымъ химическимъ путемъ въ лабораторіи, безъ участія живыхъ организмовъ.

Бѣлковая молекула, соединяясь съ нѣкоторыми другими веществами, даетъ тѣла еще болѣе сложнаго состава. Изъ этихъ тѣлъ упомянемъ соединеніе бѣлка съ фосфористымъ веществомъ, такъ называемою, нуклеиновой кислотой. Соединенія бѣлка съ нуклеиновой кислотой носятъ названіе *нуклеопротеидовъ*; они входятъ, главнымъ образомъ, въ составъ клѣточнаго ядра.

Въ близкомъ родствѣ съ нуклеопротеидами стоятъ особые очень сложные, дѣятельные бѣлки, такъ называемые *ферменты*. Составъ ферментовъ (бродилъ) до сего дня изученъ еще очень мало, но есть основаніе думать, что эти тѣла принадлежатъ въ своей существенной части къ нуклеопротеидамъ. Впрочемъ, пока это не болѣе, какъ предположеніе.

Вопросъ о составѣ ферментовъ отступаетъ совершенно на задній планъ по сравненію съ вопросомъ объ ихъ естественной работѣ въ природѣ. Дѣло въ томъ, что ферменты являются настоящими химиками живой природы. Громадное большинство химическихъ реакцій, происходящихъ въ живой природѣ, вызывается ферментами (бродилами). Такъ какъ весь жизненный процессъ, какъ сказано, покоится на превращеніи химической энергіи пищевыхъ началъ и составныхъ частей тѣла, то легко понять, какое огромное значеніе имѣютъ ферменты (пищеварительные и внутриклѣточные) для жизни.

Ферменты раздѣляются на группы сообразно тому измѣненію, которое они вызываютъ въ различныхъ другихъ веществахъ. Огромное большинство ферментовъ принадлежитъ къ *гидролитическимъ*, ибо они вызываютъ гидролизъ, т.-е. расщепленіе сложныхъ органическихъ веществъ на болѣе простыя при участіи частицъ воды. Примѣромъ гидролитическаго расщепленія можетъ служить разложеніе жира на глицеринъ и жирныя кислоты или, еще проще, разложеніе азотнометиловаго эфира на метиловый спиртъ и азотную кислоту.

Средніе или нейтральные жиры разлагаются на глицеринъ и жирныя кислоты какъ щелочью (омыленіе), такъ и при нагрѣваніи съ водой, такъ и при дѣйствіи особаго фермента—липазы [1]). Другіе гидролитическіе ферменты производятъ водное расщепленіе другихъ веществъ такъ:

Пепсинъ	расщепляетъ	бѣлки	на пептоны
Трипсинъ	»	»	» » и аминокислоты
Эрепсинъ	»	пептоны	» »
Діастазъ	»	крахмалъ	» солодовый сахаръ
Цитаза	»	клѣтчатку	» виноградный сахаръ
Инвертинъ	»	тростниковый сахаръ	на виноградный и плодовый сахары.

Ферментъ зимаза (получаемая изъ дрожжей) расщепляетъ виноградный сахаръ на спиртъ и угольную кислоту.

Другіе ферменты вызываютъ нѣкоторыя другія превращенія химическаго матеріала (свертываніе бѣлковъ, окисленія).

Самымъ загадочнымъ свойствомъ ферментовъ нужно считать слѣдующую ихъ способность. Количество фермента, вызывающее химическое превращеніе даннаго вещества, напр., бѣлка, углевода, обыкновенно, несравненно меньше, чѣмъ количество вещества, подвергающагося превращенію. Далѣе, съ тѣмъ же самымъ количествомъ фермента можно вызвать превращеніе новыхъ количествъ вещества вдвое и втрое и вчетверо больше прежняго. Произведя то или иное химическое превращеніе, ферментъ остается совершенно нетронутымъ, неистраченнымъ. Такимъ образомъ кажется, что ферментъ вызываетъ химическое превращеніе, не входя въ соединеніе съ превращаемымъ матеріаломъ, что онъ вызываетъ реакцію однимъ своимъ присутствіемъ или прикосновеніемъ—контактомъ.

I. Бѣлки считаются главной составной частью протоплазмы, главной въ томъ смыслѣ, что, какъ сказано, живого вещества

1) См. т. 5 Энциклопедіи. Физіологія пищеваренія.

безъ бѣлка не бываетъ нигдѣ въ природѣ. Однако, жизнь при помощи однихъ только бѣлковыхъ тѣлъ, безъ участія другихъ веществъ, едва ли была бы возможна. Чтобъ создать живую клѣтку и поддерживать въ ней жизненный процессъ, помимо бѣлка необходимы многія другія вещества. Одни изъ этихъ веществъ служатъ просто «горючимъ» матеріаломъ—такова, повидимому, роль виноградпаго сахара и близкихъ къ нему веществъ, такъ назыв. *углеводовъ*.

Этотъ разрядъ тѣлъ можно сравнить съ топливомъ паровой машины. Машина, правильно устроенная, готова къ работѣ въ каждую минуту. Однако для того, чтобъ работа, дѣйствительно, началась, необходимо подложить топлива подъ котелъ и поддерживать огонь. Точно такъ же бѣлокъ, образуя строительныя составныя части живой клѣтки и вырабатывая тѣхъ дѣятелей (ферменты), отъ которыхъ зависитъ химическій процессъ, лежащій въ основѣ жизни, нуждается, однако, въ матеріалѣ для обработки; такимъ матеріаломъ и служатъ углеводы.

Другая категорія веществъ, входящихъ въ составъ живого міра, *жировыя* тѣла (см. ниже), отчасти такъ же, какъ и углеводы, служатъ горючимъ матеріаломъ, топливомъ для живой машины—клѣтки. Важную еще роль играютъ *минеральныя* составныя части—неорганическія *соли*. Онѣ такъ же входятъ въ составъ живого вещества; по крайней мѣрѣ, нѣтъ ни одной живой клѣтки, въ составѣ которой не содержалось бы солей; далѣе, въ отсутствіи минеральныхъ (неорганическихъ) солей растеніе не растетъ, сколь бы ни были благопріятны всѣ прочія условія; это значитъ, что нельзя построить живого вещества безъ минеральныхъ составныхъ частей (золы).

Такимъ образомъ жизненный процессъ такъ, какъ онъ протекаетъ въ дѣйствительности, требуетъ, кромѣ бѣлковъ, еще цѣлаго ряда другихъ веществъ. Отличіе ихъ отъ бѣлковъ состоитъ въ томъ, что бѣлки нельзя замѣнить ничѣмъ другимъ, а углеводы, напр., можно замѣнить жирами, и наоборотъ.

II. **Углеводы**. Среди этихъ веществъ *углеводы* занимаютъ особое положеніе, потому что именно съ углеводовъ въ растеніи начинается постройка живого вещества (см. выше). Зеленое растеніе, разлагая на свѣту угольную кислоту, образуетъ молекулу виноградпаго сахара, $C_6H_{12}O_6$, который и служитъ самымъ ходовымъ углеводомъ какъ въ растительномъ, такъ и въ животномъ царствѣ.

Названіе «углеводы» показываетъ, какъ будто эти вещества образуются изъ угля и воды. На дѣлѣ составъ ихъ несравненно сложнѣе, а названіе углеводы означаетъ лишь, что количества

водорода и кислорода въ нихъ находятся въ такомъ же взаимномъ отношеніи, какъ и въ водѣ (H_2O), т.-е. по два атома водорода на каждый атомъ кислорода. Такъ, формула:

виноградnаго сахара . . . $C_6H_{12}O_6$
тростниковаго сахара. . . $C_{12}H_{22}O_{11}$
крахмала. . . . . $C_6H_{10}O_5$ и т. д.

Точное пониманіе химическаго характера углеводовъ возможно, однако, только при помощи структурной формулы ихъ.

Глицероза ($C_3H_6O_3$), получаемая изъ глицерина ($C_3H_8O_3$), представляетъ собой простѣйшій углеводъ; въ ней мы встрѣчаемъ строеніе, которое нужно считать характернымъ для углеводовъ. Во всѣхъ углеводахъ, какъ и въ глицерозѣ, находятся спиртовые гидроксилы и альдегидная (или кетонная) группа, т.-е. $H—C=O$. Слѣдовательно, и глицероза и углеводы нужно считать веществами, происходящими отъ спиртовъ и отчасти сохранившими характеръ этихъ послѣднихъ, отчасти же перешедшими въ альдегиды.

Наиболѣе интереснымъ превращеніемъ *виноградnаго сахара* (декстрозы) нужно считать *спиртовое* его *броженіе*. Подъ вліяніемъ дрожжей сахаръ переходитъ въ спиртъ и угольную кислоту (см. т. 3-й Энциклопедіи).

$C_6H_{12}O_6$	$=2CO_2$	$+2C_2H_5OH$
виноградный сахаръ.	угольная кислота.	этиловый или винный спиртъ.

Спиртовое броженіе сахара интересовало многихъ ученыхъ съ различныхъ точекъ зрѣнія. Во-первыхъ, долгое время, несмотря на многочисленныя попытки, не удавалось получить спиртового броженія безъ участія живыхъ дрожжей. Дрожжи представляютъ собой маленькіе одноклѣточные организмы, которые пользуются сахаромъ, какъ пищей (см. т. II). Однако въ недавнее время, подвергая дрожжи очень сильному давленію, удалось выжать изъ дрожжевыхъ клѣтокъ прозрачную жидкость, уже не содержащую живыхъ организмовъ и тѣмъ не менѣе способную вызывать броженіе, ибо въ ней содержится въ растворѣ ферментъ зимаза. Этотъ опытъ опровергъ еще разъ старые взгляды объ особыхъ таинственныхъ свойствахъ живого вещества, въ корнѣ отличающихъ его отъ веществъ мертвыхъ. Такъ мало-по-малу все болѣе и болѣе сглаживается пропасть между живымъ и мертвымъ веществами, и устанавливается единство законовъ, царящихъ въ живой и мертвой природѣ.

Двѣ частицы винограднаго сахара, соединяясь другъ съ другомъ, образуютъ *солодовый* сахаръ; при этомъ изъ двухъ частицъ винограднаго сахара выдѣляется одна частица воды и получается вещество состава $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Солодовый сахаръ (или мальтоза), при кипяченіи съ разведенной кислотой или при дѣйствіи на него ферментовъ, распадаясь вновь даетъ двѣ частицы винограднаго сахара:

$$C_{12}\ H_{22}\ O_{11} + H_2O = C_6\ H_{12}\ O_6 + C_6\ H_{12}\ O_{66}$$

Солодовый сахаръ поэтому относится къ *дисахаридамъ*, или *двойнымъ сахарамъ*. Сюда же принадлежитъ *тростниковый*, или *свекловичный сахаръ*, съ которымъ мы пьемъ чай. При кипяченіи съ кислотами онъ расщепляется на одну частицу винограднаго и одну частицу плодоваго сахара (левюлезы). Въ эту же группу, наконецъ, относятъ *молочный сахаръ* (лактоза), разлагающійся при кипяченіи на частицу винограднаго сахара и частицу такъ назыв. галактозы (тоже сахаръ формулы $C_6H_{12}O_6$).

Подобно тому, какъ дисахариды состоятъ изъ двухъ частицъ простыхъ сахаровъ, такъ называемые *полисахариды* состоятъ изъ соединенія нѣсколькихъ частицъ простыхъ сахаровъ. Въ эту группу углеводовъ относятся, между прочимъ, *крахмалъ*, *гликогенъ* и *клѣтчатка*. При кипяченіи съ кислотами и при дѣйствіи ферментовъ всѣ они разлагаясь превращаются въ виноградный сахаръ.

Крахмалъ ($C_6H_{10}O_5$) [1]) образуется, какъ уже сказано, въ зеленомъ листѣ на свѣту; ночью же крахмалъ, превращаясь въ другіе, болѣе растворимые углеводы, переходитъ по растенію, напр., въ клубни картофеля, гдѣ и лежитъ, образуя склады запаснаго питательнаго матеріала. Во время прорастанія картофеля, крахмалъ, превращаясь въ сахаръ, служитъ пищей молодому растеньицу. Подобно этому въ животномъ тѣлѣ роль запаснаго углевода играетъ гликогенъ, накопляющійся отчасти въ печени, отчасти въ мышцахъ (см. т. 5-й Энциклопедіи).

Клѣтчаткой ($C_6H_{10}O_5$) растеніе пользуется какъ строительнымъ матеріаломъ. Изъ клѣтчатки (или иначе — целлюлезы) строятся оболочки растительныхъ клѣтокъ, стѣнки сосудовъ растенія и проч. Обыкновенная вата и очищенная пропускная бумага состоятъ изъ почти чистой клѣтчатки; изъ клѣтчатки же состоятъ тѣ растительныя волокна (льна, хлопчатой бумаги, пеньки), которыя употребляются для производства тканей.

---

[1]) Приводимыя здѣсь формулы крахмала и клѣтчатки—упрощенныя; въ дѣйствительности частичный вѣсъ этихъ веществъ гораздо больше.

III. **Жировыя вещества.** Третью группу веществъ, входящихъ въ составъ живыхъ клѣтокъ, образуютъ **жиры.** Жиры, по опредѣленію химиковъ, представляютъ собой сложные эфиры глицерина и жирныхъ кислотъ. Глицеринъ, какъ сказано выше, представляетъ собой спиртъ съ 3 гидроксилами въ частицѣ. Къ тремъ гидроксиламъ глицерина могутъ присоединиться три частицы органической кислоты, образуются сложные эфиры глицерина. Въ составъ жировъ входятъ три различныхъ жирныхъ кислоты—*стеариновая, пальмитиновая* и *олеиновая.* Когда глицеринъ соединяется съ 3 частицами стеариновой кислоты, образуется жиръ тристеаринъ; соотвѣтственно этому есть жиръ трипальмитинъ и триолеинъ.

Въ составъ животныхъ жировъ и растительныхъ маселъ входятъ упомянутые жиры стеаринъ, пальмитинъ и олеинъ, но въ различной пропорціи. Отъ этого зависитъ бо̀льшая или меньшая мягкость жира. Чѣмъ меньше въ данномъ жирѣ жидкаго олеина и чѣмъ больше твердыхъ стеарина и пальмитина, тѣмъ жиръ тверже, и наоборотъ.

При кипяченіи со щелочами, или подъ дѣйствіемъ воды при высокой температурѣ, или подъ вліяніемъ ферментовъ (липазы) жиры расщепляются на глицеринъ и жирныя кислоты. Эта реакція называется *омыленіемъ* жира, такъ какъ приготовленіе мыла ведется точно такъ же кипяченіемъ сала со щелочью; мыло и есть не что иное, какъ натровая соль жирной кислоты (напр., пальмитиново-кислый натрій).

Далѣе, къ составу живого вещества относятся *жироподобныя вещества;* всѣ эти вещества носятъ общее названіе *липоидовъ.* Къ липоидамъ принадлежатъ, кромѣ обыкновенныхъ жировъ, жирныя кислоты, фосфористый жиръ—лецитинъ, холестеринъ, нѣкоторыя вещества, содержащіяся въ мозговой ткани, какъ протагонъ, церебринъ и проч. Всѣ липоиды растворимы другъ въ другѣ и образуютъ въ различныхъ клѣткахъ (въ кровяныхъ тѣльцахъ, въ мозгу и др.) смѣси разнаго состава.

IV. Наконецъ въ составъ живого вещества входятъ **минеральныя соли.** Извѣстно, что при горѣніи дровъ, травы, соломы, вообще всякаго рода растительныхъ труповъ остается зола; точно такъ же зола остается и при сожиганіи труповъ животныхъ. Зола и представляетъ собой тѣ неорганическія соли, которыя входятъ въ составъ протоплазмы. Притомъ, соли не образуютъ случайной примѣси къ протоплазмѣ, а являются необходимой составной частью живого вещества. Это доказывается опытами. Растеніе не растетъ на растворѣ, не содержащемъ минеральныхъ солей. Если давать животному пищу, изъ которой удалены мине-

ральныя соли, животное умираетъ и притомъ даже скорѣе, чѣмъ оно умерло бы при полномъ голоданіи. Правда, прибавлять солей къ пищѣ нѣтъ надобности, такъ какъ наша пища (мясо, молоко и др.) содержитъ всѣ необходимыя соли. Это и понятно, такъ какъ мы употребляемъ въ пищу либо животныхъ, либо растенія, т.-е. бывшее живое вещество, въ которомъ уже содержатся всѣ соли, необходимыя для построенія протоплазмы Изъ такихъ крайне важныхъ солей укажемъ для примѣра: *хлористый натрій* (поваренная соль), которая находится во всѣхъ органахъ, тканяхъ и сокахъ нашего тѣла (въ крови, слезахъ, мочѣ, молокѣ, въ мозгу, въ мускулахъ, печени и т. д.), фосфорнокислыя соли калія, извести; далѣе углекислый натрій, углекислая известь и другія.

Пособія.

Григорьевъ. Краткій курсъ химіи.
Рамзай, подъ ред. Сперанскаго. Краткій курсъ общей и неорганической химіи.
Потылицынъ. Начальный курсъ химіи.
Сперанскій. Краткій курсъ химіи.
Лассаръ Конъ. Химія обыденной жизни.
Лещенко. Химія въ промышленности.
Поповъ. Химія для самообразованія.
Сазоновъ и Верховскій. Первыя работы по химіи.
Курсы неорганической химіи: Рихтера, А. Реформатскаго, Осипова, Каблукова и друг.
„ органической „ С. Реформатскаго, Осипова, А. Реформатскаго и друг.

Алфавитный указатель именъ и названій, встрѣчающихся въ этомъ томѣ.

А.

Аберрація свѣта — 37.
Агатъ — 217.
Азбестъ — 238.
Азотистокислая соль ртути — 229.
Азотистокислый аммоній — 182.
Азотистыя соединенія — 181.
Азотная кислота — 186.
Азотнокислая соль — 231.
Азотъ — 181, 134.
„ свободный и связанный — 181.
Актинній — 121.
Акустика — 34.
Алебастръ — 250.
Ализаринъ — 295.
Алкилы — 283.
„Алмазныя розсыпи“ — 190.
Алмазъ — 190.
Альдегиды — 276.
Алюминаты — 241.
Алюминіевая бронза — 241.
Алюнитъ — 252.
Амальгація — 230.
Амальгамы — 221, 229.
Аметистъ — 217.
Амигдалинъ — 294.
Амигдо-кислоты — 284.
Амміакъ — 184.
Амиды — 284, 285.
Аминокислоты — 306.
Амины: первичные, вторичные и третичные — 282.
Аморфный уголь — 190.
Амперъ, ученый — 103.
Амплитуды колебанія — 37.
Ангидридъ — 249.
Анилинъ — 292.
Анодъ — 95, 109.
Анализъ вещества — 157.
„ спектральный — 76.
Антикатодъ — 111,
Антраценъ — 295.
Антрацитъ — 191.
Аргонъ — 260.
Ароматическія соединенія, — 268, 288.
Артезіанскіе колодцы — 145.
Асфальтъ — 270.
Атомномолекулярная теорія — 140.
Атомные вѣса — 141.
Атомы — 136.
Ацетиленъ — 272.
Ацетилидъ — 285.

Б.

Безпроводный телеграфъ — 119.
„Беккерелевые“ лучи — 120.
Бензальдегидъ — 294.
Бензиловый спиртъ — 294.
Бензинъ — 270, 290.
Бензойная кислота — 288.
Бензольное ядро — 290.
Бензолъ — 288.
Бертолетовая соль — 205.
Бертоло, его законъ — 300.
Бетапинъ — 284.
Бишофъ — 201.
Бокситъ — 251.
Благородные газы — 177.
Блески (сѣрнистаго соединенія металловъ) — 208.
Болотный газъ — 263, 269.
Британскій металлъ — 228.
Брикеты — 246.
Брильянты — 190.
Броженіе — 274.
Бромъ — 206.
Бронза — 226.
Бунзенъ — 95, 239.
Буровыя скважины — 201.
Бурые угли — 190.

Бутанъ — 265, 269.
Бутлеровъ, А. М. — 266.
Бѣгущія волны (звукъ) — 41.
Бѣлая свинцовая руда — 228.
Бѣленіе тканей — 205.
Бѣлильная известь — 205.
Бѣлки — 300, 305.
Бѣлковыя вещества — 208, 285.
Бѣлковыя соединенія — 181.
Бѣлый мышьякъ — 216.

В.

Вазелинъ — 270.
Ванна химическая — 132.
Велеръ — 287.
Вибраторъ — 118.
Виноградный сахаръ — 304.
Влага въ воздухѣ — 180.
Вода жесткая — 142.
„ мягкая — 144.
Водная окись алюминія — 242.
„ „ кальція — 237.
Водяной остатокъ (гидроксилъ) — 273.
Водяной паръ — 146.
Водородъ — 155, 158.
Возгонка — 288.
Воздухъ, составъ его — 177.
Волны звуковыя — 38.
Вольта — 94.
Воскъ: пчелиный и китайскій — 278.
Выварка — 200.
Вывѣтриваніе — 243.
„ горныхъ породъ — 231.
Вымораживаніе — 200.
Высота звука — 35.

Г.

Газовая вода — 184.
Газометръ — 170.
Газоотводная трубка — 158.
Галлій — 260.
Галоидсубституты — 276.
Галоиды, — 206, 222, 271.
Гальванометръ — 104.
Гашеная известь — 172.
Гваяколъ — 294.
Гексадеканъ — 269.
Гексанъ — 269.
Гелій — 124, 260.
Германій — 260.
Герцъ, физикъ — 117.
Гидратъ кремнезема — 218.
Гидратъ окиси магнія — 239.
Гидраты — 172.
Гидролизъ — 308.
Гипотеза — 136.
Гипсъ — 208, 214, 236, 249.
Главный фокусъ — 68.
Глауберовая соль — 248.
Глетъ — 228.
Гликогенъ — 284, 311.
Глина: — 218, 240, 242.
„ фарфоровая и горшечная — 242.
Глиноземъ — 218, 241.
Глицериды — 278.
Глицеринъ — 276.
Глицероза — 310.
Глюкоза — 274, 279.
Гомологія — 269.
Горный хрусталь — 217.
Горькая соль — 200, 208.
Горѣніе — 168.
Горючія вещества — 194.
Гравированіе на стеклѣ — 218.
Градированіе разсола — 208.
Градусы — 154.
Графитъ — 190.
Гремучая смѣсь — 269.
Гремучій газъ — 166.
Грене — 95.
Громъ — 79.

Д.

Даніель — 95.
Двуокись — 189.
Дёберейнеръ, ученый — 255.
Дени Гумфри — 231.
Деканъ — 269.
Дериватъ — 267.
Дестиллированная вода — 145.
Джоуль, ученый — 30.
Дисахариды — 311.
Диффракція свѣта — 53, 73.
Діамагнитныя тѣла — 92.
Діаминъ — 284.
Діастазъ — 274, 308.
Діэлектрики — 90.
„Діэлектрическая постоянная“ — 93.
Длина звуковой волны — 38.

Доломитъ — 236.
Древесный уголь — 190.
Дробная перегонка — 270.
Дрожжи — 304, 310.
Друммондовъ свѣтъ — 165.
Дубильныя вещества — 295.
„ кислота — 295.

Ж.

Жавелевая вода — 205.
Желѣзный купоросъ — 295.
Желѣзный колчеданъ — 223.
Желѣзо — 225.
Желѣзнякъ: магнитный, бурый, красный и шпатовый — 223.
Жемчугъ — 235.
Жженые квасцы — 252.
Жесткость воды — 237.
Жесть — 222, 226.
Живица — 297.
Жидкое состояніе воздуха — 179.
Жидкій воздухъ — 171.
Жирныя кислоты: масляная, капроновая и валерьяновая — 277.
Жирныя соединенія — 268.
Жиры — 312, 360.

З.

Закаливаніе стали — 225.
Закиси — 222, 174.
Законъ кратныхъ отношеній — 139.
Законъ постоянныхъ пропорцій — 138.
Законъ октавъ — 256.
Законъ періодичности — 258.
Законъ сохраненія вещества — 136.
Законъ сохраненія энергіи. — 28.
Зародыши низшихъ организмовъ въ воздухѣ — 180.
Зеленый купоросъ — 253.
Земные электрическіе токи — 5.
Зеренный цинкъ — 158.
Зеркало — 59.
Зимазъ — 308.
Зола — 194.

И.

Известковый шпатъ — 236.
„Известь“ негашеная — 137.
„ гашеная — 238.
Изображеніе источника свѣта — 61.
„Изоляторъ“ — 80.
Изомерія — 266.
Импы — 284.
Инвертикъ — 308.
Индиго — 295.
Индукціонная спираль Румкорфа — 106.
Инерція — 37.
Интерференціонные цвѣта — 72.
Искра электрическая — 107.
Искусственныя минеральныя воды — 144.
Исландскій шпатъ — 236.
Испареніе — 16, 21, 200.
Источники звука — 36.
Источники свѣта — 49.

І.

Іодная настойка — 207.
Іодистый тетраметиламмоній — 282.
Іодистый фосфоръ — 216.
Іодоформъ — 271.
Іоны — 100.

К.

Кадаверинъ — 284.
Каліевая селитра — 247.
Калорія: малая и большая — 12, 30, 152.
Каменноугольный деготь — 290.
Каменные угли — 190.
Камерный и контактный способы полученія сѣрной кислоты — 211.
Каолинъ — 218.
Карбамидъ — 286.
Карболовая кислота — 293.
Карналлитъ — 234.
Катализаторы — 213.
Катодные лучи — 108, 112.
Катодъ — 95, 109.
Катушка Румкорфа — 107.
Каустическая сода — 232.
Кварцъ — 217.
Квасцовый сланецъ — 252.
Квасцы — 242, 251.
„ калійные и обыкновен. — 251.
Кекуле — 289.
Кельвинъ — 113.
Керосинъ — 270.
Кетоны — 276, 297.
Кизеритъ — 249.
Киноварь — 229.
Кипѣніе — 16, 20.

Кислородъ, — 134, 156, 166.
Кислота (опредѣленіе) — 172.
„ соляная — 176.
„ хлорноватистая — 205.
Классификація элементовъ — 255.
Клѣтчатка — 281, 304, 311.
Ковкое желѣзо — 224.
Коксъ — 191
Колебаніе тѣла — 36.
Колебательный разрядъ — 115.
Количество состава воды — 161.
Колокольный металлъ — 226.
Колчеданы — 208.
Композиціонный металлъ — 228.
Конвертеры — 225.
Конденсаторы — 88.
Конституціонная вода — 149.
Контактный способъ — 213.
Корпускулы — 111.
Кранъ Даніеля — 165.
Краски анилиновыя — 292.
Крахмалъ — 281, 311.
Крашеніе субстантивное — 292.
Кремневый ангидридъ — 217.
Кремнекислый натрій — 231.
Кремній — 219.
Криптонъ — 260.
Кристаллизація вещества — 147.
Кристаллизаціонная вода — 148.
Критическая температура — 19.
Кричный способъ — 225.
Кріолитъ — 240.
Круговоротъ азота — 181.
Ксенонъ — 260.
Купоросное масло — 172.
Купоросы — 214, 252.
„ мѣдный и цинковый — 214.
Кюри, ученая — 121.

Л.

Лавуазье — 131, 154.
Ладанъ — 288.
Лаки глиноземные — 252.
Лакмусовая бумага — 174.
Лакмусъ — 173.
Лампа Деви — 199.
Латунь — 226.
Лебланъ — 243.
Ледъ — 153.
Лейденская банка — 88, 114.
Лейпцигъ — 285.
Лекланше — 95.
Лецитинъ — 284.
Лигатура — 230.
Липаза — 308.
Липоиды — 312.
„Литье" — 224.
Луженіе — 226.
Лучи инфракрасные — 76.
Лучистая теплота — 25. 76.
Лучи свѣта — 52.
„ ультрафіолетовые — 76.
Ляписъ — 230.

М.

Магнетизмъ — 5, 238.
Магнитъ, понятіе — 5.
„Магнитная масса" — 91.
Магнитный желѣзнякъ — 84.
Магнитный меридіанъ — 93.
Магнитъ естественный — 84.
Магнія — 238.
Максвель, физикъ — 117.
Масло легкое и тяжелое — 290.
Маточный разсолъ — 206.
Медъ — 279.
Мейдингеръ — 95.
Мейеръ Лотаръ — 256.
Металлы благородные — 222.
Металлы ковкіе и тягучіе — 221.
Метанъ — 269.
Метиламинъ — 283.
Метилъ — 272.
Микроорганизмы — 181.
Микроскопъ — 68.
Минеральная вода — 144.
Минеральныя соли — 312.
Модификація — 190.
Молекула — 33, 140.
Молекулярная гипотеза — 33.
Молнія — 79.
Молочный сахаръ — 281, 311.
Монета — 221.
Морская пѣнка — 238.
Мочевая кислота — 302. 287.
Мочевина — 302, 286.
Мраморъ — 235.
Муссанъ — 207.
Музыкальные звуки — 36.
Муравьиная кислота — 277.
Муравьиный альдегидъ — 302.
Мыло. обмыливаніе — 278.

Мышьяковистый ангидридъ — 216.
Мышьякъ — 216.
Мѣдный колчеданъ — 226.
Мѣдный купоросъ — 254.
Мѣлъ — 235.

Н.

Наждакъ — 242.
Насыщенный и ненасыщенный растворъ — 147.
Натріевая соль, чилійская — 246.
Натрій — 231.
Нафталинъ — 295.
Нафтены — 270.
Нашатырный спиртъ — 185.
Нашатырь — 186.
Невидимый свѣтъ — 76.
Негашеная известь — 172.
Нейринъ — 284.
Нейтрализація — 175.
Нейтральная линія магнита — 85.
Неонъ — 260.
Непредѣльные углеводороды — 272.
Нефть — 270.
Нефтяной эфиръ — 270.
Нитробензолъ — 291.
Нитрированіе — 290.
Нитрификація — 304.
Нордгаузенская сѣрная кислота — 254.
Нуклеопротеиды — 307.
Ньюлендсъ — 256.

О.

Обертонъ первый и второй — 44.
„Обугливаніе“ — 214.
„Огарки“ — 249.
Одноосновная кислота — 188.
Озокеритъ — 277.
Окислы — 171, 172.
„ кислые и основные — 172.
Окись — 222.
„ кальція — 172, 237.
Окись магнія — 239.
Окись ртути — 133.
„ углерода — 193.
Оловянная фольга — 227.
Омъ — 173.
„ его законъ — 96.
Омыленіе жира — 312.
Осадокъ — 137.
Основаніе (опредѣленіе) — 172.
Отраженіе звука — 40.
Охладительная смѣсь — 203.
Оцинкованное желѣзо — 225.

П.

Патока — 280.
Парамагнитныя тѣла — 92.
Парафинъ — 268, 277.
Паровое отопленіе — 152.
Пары, его свойства: плотность, упругость, насыщенные и ненасыщенные — 18.
Пентанъ — 269.
Пепсинъ — 308.
Перекись — 174, 222.
Перламутръ — 235.
Періодъ колебанія — 37.
Періоды Менделѣева: большіе и малые — 259.
Песчаники — 217.
Печи пламенныя — 220.
Пикриновая кислота — 293.
Пиритъ — 138, 212.
Пирогалловая кислота — 294.
Пирокатехинъ — 294.
Плавиковый шпатъ — 236.
Плавиковая кислота — 207.
Пламя свѣчи — 195.
Пластическая сѣра — 209.
Платинированный азбестъ — 213.
Плотность воды — 153.
Поваренная соль — 199, 140.
Поверхность свѣтовой волны — 58.
Показатели преломленія — 65.
Полевой шпатъ — 242, 217.
Полоній — 121.
Полисахариды — 311.
Полутѣнь — 52.
Полюсы магнита: сѣверный и южный — 85.
Порохъ — 248.
Поташъ — 244.
Потенціалъ низшій и высшій — 86.
Приборъ Киппа — 191.
Припой — 228.
Пристлей — 167.
Пріемникъ — 187.
Пробирка — 167.
Проводники и непроводники электричества — 80.
Продольныя колебанія столба воздуха — 45.
Продуктъ разложенія — 137.
Пропанъ — 269.

Пропилъ — 272.
Простыя вещества — 138.
Проба — 230.
Протравы — 242, 292.
Протоплазма — 305.
Птомаинъ — 284.
Пудлинговыя печи — 225.
Пустота — 77.
Пучность свѣтовой волны — 41, 45, 72.

Р.

Радикалы — 272.
Разность потенціаловъ — 87.
Разрѣженіе звуковой волны — 40.
Растворы: средніе и нейтральные — 174.
Реальгаръ — 216.
Реакціи: соединенія и разложенія — 169, 136.
Реакція обмѣннаго разложенія — 137.
Резонансъ — 46.
Резонаторъ Герца — 46, 118.
Рей Жанъ — 131.
Рентгеновскіе лучи — 111.
Реторта — 132.
Рефлекторы — 63.
Роса — 18.
Рубины — 242.
Руда — 219.
Рудничный газъ — 198, 269.

С.

Сажа — 191.
Салициловая кислота — 294.
Самоосадочная соль — 201.
Сапфиры — 242.
Сахаратъ — 280.
Сахаръ тростниковый — 280, 300.
Сваріваніе металловъ — 221.
Свекольный сахаръ — 311.
Свинцовый блескъ — 228.
Свинцовыя бѣлила — 228.
Свинцовый сахаръ — 228.
Свѣтильный газъ — 191.
Свѣтовыя колебанія — 72.
Свѣтъ бѣлый — 71.
„ отраженный и преломленный — 58.
Сгущеніе звуковой волны — 40.
Селенитъ — 250.
Селенъ — 211.
„Селитряная мука“ — 247.
„Селитряница“ — 247, 188.
Селитряный ферментъ — 245.
Селитры — 182, 245.
„ натріевая и каліевая — 245.
Серебряный блескъ — 229.
Сердоликъ — 217.
Сивушное масло — 275.
Сила звука — 35.
„ свѣта — 54.
„ тока — 95.
Силикаты — 217, 232.
„ калія — 232.
Силовая магнитная линія — 89.
Сильвинъ — 234.
Синій камень — 148.
„ купоросъ — 254.
Синтезъ вещества — 157.
Скандій — 260.
Скорость распространенія звука — 40.
„Скрытая теплота плавленія“ — 15.
Сложныя вещества — 136.
„ соединенія — 136.
Слюда — 217.
Смазочныя масла — 270.
Смолы — 296.
Солодовый сахаръ — 311.
Солодъ — 274.
Соли сѣрной кислоты — 214.
Сольвей — 244.
Соль (какъ основаніе) — 48, 50, 172, 174, 176.
„ средняя и кислая — 176.
Соляная кислота — 203.
Соляные источники — 201.
Соляровыя масла — 270.
Составъ воды по вѣсу — 163.
Спектральныя линіи — 76.
„ цвѣта — 69.
Спектръ — 69.
Спермацетъ — 275.
Спирты предѣльные — 273.
„ одноатомные — 274.
Спиртъ метиловый (древесный), этиловый и амиловый — 274, 275.
Сплавъ — 220.
Способъ Бессемера — 225.
Сталь — 224, 225.
Стассфуртскія залежи — 234.
Стекло, разводимое въ водѣ — 218.
Стерилизація воды — 145.
Стёрттъ, его приборъ — 123.
Стоящія волны — 41.
„ электромагнитныя волны — 118.
Сублимированіе — 288.

Субституты — 267.
Суглинокъ — 243.
Сулема — 229.
„Сульфатъ“ — 249.
Сульфобензоловая кислота — 291.
Сульфонированіе (сульфоксилъ) — 291.
Суперфосфатъ — 215.
Сурьмянный блескъ — 216.
Сферическія зеркала — 66.
Сухая перегонка — 184.
Сухія жидкости — 149.
Сущность горѣнія — 195.
Сѣра — 208. 222.
„ комовая, литрованная и черенковая — 209.
Сѣрная кислота, сырая и чистая — 211, 213.
Сѣрнистая ртуть — 229.
Сѣрнистое желѣзо — 131.
Сѣрнистый ангидридъ — 211.
„ водородъ — 210.
„ газъ — 211.
Сѣрнистые металлы — 210.
Сѣрноалюминіевая соль — 251.
Сѣрномагніевая соль — 249.
Сѣрнокальціевая соль — 174, 249.
Сѣрный ангидридъ — 172. 211.
Сѣроводородъ — 210.
Сѣроуглеродъ — 210.

Т.

Табулусъ — 187.
Талькъ — 238.
Таннинъ — 295.
Тауринъ — 284.
Телескопъ — 68.
Теллуръ — 211.
Температура плавленія и отвердѣванія — 14.
Температура тѣла — 9.
Тенардитъ — 249.
Теорія свѣта — 50.
„ строеній — 265.
Тепловыя ощущенія — 6.
Теплоемкость — 13, 152.
Теплопроводность — 22.
Теплота — 29.
Термометры — 9.
„Термосъ“ Дьюара — 25.
Терпентинъ — 297.
Терпены — 296.
Типографскій металлъ — 228.
Токи индуктивные — 106.
Томпакъ — 226.
Тонъ основной — 36, 44.
Торфъ, торфяки — 190.
Триметил-аминъ — 283.
Трипсинъ — 308.
Тумакъ — 18.
Тѣла — 127.
Тѣла прозрачныя и непрозрачныя — 49, 50.
Тѣнь — 51.

У.

Увеличительныя стекла — 68.
Угаръ — 193.
Углеводороды предѣльные — 268.
Углеводороды — 262, 263.
Углеводы — 300, 309.
Углеизвестковая соль — 235.
Углекислота въ воздухѣ — 180.
Углекислый газъ — 134, 137, 168, 191.
„ калій — 244.
Углеродъ — 190.
Угольный ангидридъ — 191.
Узелъ свѣтовой волны — 72.
„ звуковой волны — 45.
Узловыя поверхности — 44.
Узловыя точки — 41.
Уксусная кислота — 277.
Упругость пара — 17.
Уреиды — 284.

Ф.

Фарадей — 90, 105.
Фарфоровая глина — 251.
Фенолы — 293.
Ферменты — 307.
Физическіе дѣятели — 3.
Фильтрованіе воды — 144.
Фишеръ, Э. — 307.
Флуоресценція — 108, 120.
Фокусъ мнимый и дѣйствительный — 61.
Формалинъ — 276.
Фосфоресценція — 120.
Фосфоритъ — 215, 236.
Фосфорный ангидридъ — 178, 216.
Фосфорнокислый калій — 236.
Фосфорныя кислоты: метафосфорная, пирофосфорная и ортофосфорная — 216.

Фосфоръ: желтый и красный — 216.
Фотометры — 54.
Фтористый водородъ — 207.
Фтористый кремній — 218.
Фторъ — 206.
Фуксинъ — 292.

Х.

Химическая реакція — 136.
Химическое соединеніе — 131.
„ явленіе — 129.
Хлористое олово — 228.
„ серебро — 137.
Хлористый натрій — 199, 231, 313.
Хлористый фосфоръ — 216.
Хлорноватокаліевая соль — 205.
Хлорофиллъ — 302.
Хлороформъ — 271.
Хлоръ — 204.
Хлорсубститутъ — 267.
Холинъ — 284.

Ц.

Царская водка — 189.
Цвѣта смѣшанные и побѣжалые — 71.
Целлулоидъ — 297.
Цинковая обманка — 254.
Цинковый купоросъ — 254.
Циркуляція жидкости — 23.
Цитазъ — 308.
Цѣпь прямая и развѣтвленная — 266.

Ч.

Чернила 295.
Черны (сковороды для выпариванія соли) — 202.
Чечевица разсѣивающая и собирательная — 66, 67.
Чилійская селитра—137, 231.
Чугунъ сѣрый и бѣлый — 224.

Ш.

Шведскія спички — 216.
Шеле — 167.
Шлакъ — 224.
Шумы — 36.

Щ.

Щелочь, какъ основаніе — 172, 173.
„ каліевая, натріевая 173.

Ѣ.

Ѣдкое кали 173, 235.
Ѣдкій натръ 173, 231, 233.

Э.

Экзотермическія реакціи — 301.
Экспикаторы — 149, 214.
Электрическая индукція — 84.
Электрическій элементъ — 94.
Электрическій токъ — 5, 94.
Электрическія машины — 84.
Электричества: одноименныя и неодноименныя — 81.
Положительныя и отрицательныя — 82.
Электричество, его полученіе — 79.
Электродвижущая сила элемента — 95.
Электроды — 95.
Электроемкость — 87.
Электролизъ — 100, 161.
Электролитическій способъ 244.
Электромагнитныя возмущенія — 117.
Электромагнитное поле — 101.
Электро-магниты — 92, 193.
Электрометръ — 82, 94.
Электроны — 111, 124.
Электроскопъ — 82.
Электростатика — 78.
Элементы — 136, 138.
„ типическіе — 259.
Эманація радія — 124.
Энгель-Прехтъ — 245.
Энергія кинетическая — 97.
„ механическая 30.
Эндотермическая реакція — 301.
Эрепсинъ — 308.
Этанъ — 269.
Этиленъ, этилъ — 272.
Эфиръ — 77.
Эфирныя масла — 296.
Эфиры простые и сложные — 277.
Эхо — 48.

Я.

Явленія физическія — 128.
Яшма — 217.

Оглавленіе статей.

Стр.

Предисловіе V

ФИЗИКА.

1. Что изучаетъ физика? 1

Теплота.

2. Измѣненіе объема тѣлъ при нагрѣваніи 6
3. Количество теплоты 11
4. Измѣненія состоянія 13
5. Способы передачи тепла 22
6. Теплота, какъ энергія. Законъ сохраненія энергіи 26

Звукъ.

7. Источники звука. 34
8. Колебанія ряда частицъ 37
9. Колебанія источниковъ звука 42
10. Распространеніе звука 46

Свѣтъ.

11. Распространеніе свѣта. 49
12. Скорость свѣта 55
13. Отраженіе свѣта 58
14. Преломленіе свѣта 64
15. Различные виды свѣта. Интерференція свѣта 69
16. Цвѣта тѣлъ 71

Электричество и магнетизмъ.

17. Основныя электрическія и магнитныя явленія 78
18. Количество электричества; потенціалъ; электроемкость 85
19. Электрическое и магнитное поле 88
20. Электрическій токъ 94
21. Тепловыя дѣйствія тока 97
22. Химическія дѣйствія тока 99
23. Электромагнитныя явленія 101
24. Электромагнитная индукція 105
25. Явленія, сопровождающія электрическій разрядъ въ газахъ 107
26. Электромагнитныя волны 113
27. Радіоактивность 119

А. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМІЯ.

Что такое химическое явленіе 127
Элементъ. Частица и атомъ 136
Вода въ природѣ 142
Вода, какъ растворитель. Соединенія воды 146
Свойства воды 151

Стр.
Составъ воды. *Водородъ* 154
Кислородъ 166
Основаніе, кислота и соль 171
Воздухъ 177
Азотъ 181
Амміакъ и азотная кислота 184
Углеродъ и углекислота 190
Горѣніе и пламя 194
Поваренная соль и соляная кислота 199
Галоиды 204
Сѣра и сѣроводородъ 208
Сѣрная кислота 211
Фосфоръ 215
Кремній 217
Металлы и сплавы 219

Тяжелые металлы.

Желѣзо 223
Мѣдь 226
Цинкъ 227
Олово . . . . . —
Свинецъ 228
Ртуть 229
Серебро . . . . . —
Золото 230

Легкіе металлы.

Патрій и калій 231
Кальцій и магній 235
Алюминій 240

Важнѣйшія соли.

Сода 243
Поташъ 244
Азотнокислыя соли 245
Соли сѣрной кислоты 248
Сѣрнонатріевая соль . . . . . —
Сѣрномагніевая соль 249
Сѣрнокальціевая соль . . . . . —
Квасцы 251
Купоросы 252
Желѣзный купоросъ 253
Мѣдный купоросъ 254
Цинковый купоросъ . . . . . —

Періодическая (естественная) система элементовъ 255

Б. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМІЯ.

I. Что такое органическія соединенія и чѣмъ они отличаются отъ неорганическихъ 261
II. Основанія теоріи строенія органическихъ соединеній 263
III. Углеводороды 268
Метанъ. 269
Нефть . . . . . —
IV. Продукты замѣщенія 271
Хлороформъ; іодоформъ . . . . . —
Радикалы 272
Этиленъ; ацетиленъ . . . . . —

Стр.
V. Спирты 273
Метиловый спиртъ 274
Этиловый спиртъ . . . . . —
Броженіе . . . . . —
Амиловый спиртъ; эталь 275
Альдегиды и кетоны 276
Эфиры . . . . . —
VI. Жирныя кислоты 277
Муравьиная кислота . . . . . —
Уксусная . . . . . —
Масляная и друг. кислоты . . . . . —
Пальмитиновая и стеариновая кислоты . . . . . —
Глицеринъ; жиры . . . . . —
VII. Углеводы 278
Глюкозы 279
Тростниковый сахаръ 280
Молочный сахаръ 281
Крахмалъ . . . . . —
Клѣтчатка . . . . . —
VIII. Амины 282
Метиламинъ; триметиламинъ 283
IX. Аминокислоты 284
Гликоколь; лейцинъ . . . . . —
X. Мочевина и мочевая кислота 285
Амиды . . . . . —
Мочевина 286
Мочевая кислота 287
XI. Ароматическія соединенія 288
Бензолъ . . . . . —
Нитрированіе и сульфонированіе 290
Нитробензолъ 291
Анилинъ; анилиновыя краски 292
Фенолы; *карболовая кислота* 293
Пикриновая кислота . . . . . —
Бензиловый спиртъ . . . . . —
Бензальдегидъ; бензойная кислота 294
Салициловая кислота . . . . . —
Дубильныя вещества; *таннинъ* 295
Нафталинъ: антраценъ . . . . . —
Ализаринъ: индиго . . . . . —
Эфирныя масла 296
Терпены: камфора 297

С. БІОХИМІЯ.

Круговоротъ вещества 298
Элементы въ живомъ веществѣ 299
Пищевыя вещества 300
Образованіе углеводовъ въ организмѣ 302
Разложеніе пищевыхъ веществъ 303
Азотистыя и безазотистыя вещества 304
Химическій составъ протоплазмы 305
I. Бѣлки . . . . . —
Ферменты 307
II. Углеводы 309
III. Жировыя вещества; липоиды 312
IV. Минеральныя соли . . . . . —